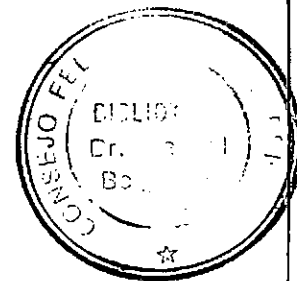


CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

35439



DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

El medio natural - Alteraciones - SIERRAS DE SAN JAVIER
Corrección de torrentes

Zuccardi 3

0/x12
232
15

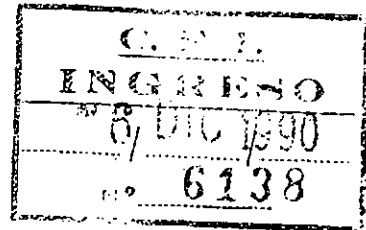
TOMO 1

RAMON BENITO ZUCCARDI
Ingeniero Agronomo

Tucumán, diciembre 3 de 1990 .

Sr Secretario General
Consejo Federal de Inversiones

Ing Juan José Ciacera
S/D



Ref Expte 1554


De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud,
con el fin de adjuntar:

- 1 Tomo - Dpto La Cocha - Tucumán - Propuestas de ordenamiento. ((4 ejemplares)
- 1. Tomo - Dpto Taff Viejo - Estudio sobre el medio natural y un Plan de corrección de torrentes
- 1. Tomo - Mapas y gráficos correspondientes al anterior. (4 ejemplares de cada uno)

Este trabajo corresponde al Subproyecto 3 " Sistematización de los rios y espacios verdes " del Proyecto sobre " Origen y desarrollo del sistema urbano en la Provincia de Tucumán".

Saludalo atentamente


Ing. Mr. Ramón Zuccardi

CONTRATO DE OBRA

Expte.:1554

EXPERTO : Ing. Agr. Ramón Benito ZUCCARDI

PROYECTO :

" Origen y Desarrollo del Sistema Urbano
En la Provincia de Tucumán "

SUBPROYECTO 3 :

"Sistematización Ribereña de los Ríos
y Espacios Verdes "

T O M O 1

Colaborador : Ing. Hid. Anibal COMBA

I N D I C E

<u>I - EL DEPARTAMENTO DE TARI VIEJO</u>	Página
Ubicación	2
División administrativa y demografía.....	2
Clima	3
Geomorfología estructural	14
Morfogénesis	15
 <u>II - SIERRAS DE SAN JAVIER</u>	
Ubicación	20
Geomorfología	22
Hidrología	23
Los torrentes	25
Geomorfología cuantitativa	27
 <u>III - CUENCA DEL RÍO PIEDRAS</u>	
Ubicación	30
Geomorfología	32
Hidrología	34
 <u>IV - CORRECCION DE TORRENTES</u>	
Medidas y obras de corrección	40

INTRODUCCION

El Departamento de Taff Viejo, representa el 5,5% del territorio provincial y presenta una gran diversidad paisajística.

En su parte oriental se integra el Gran San Miguel de Tucumán, por lo cual presenta una elevada densidad demográfica.

La cabecera del Departamento, la ciudad de Taff Viejo, fué un importante centro de la industria ferroviaria.

Por sus condiciones ecológicas, en Taff Viejo, se realizaron los primeros asentamientos humanos que dieron origen al desarrollo de una productiva zona citrícola, que se transformó con el tiempo en un centro agroindustrial de gran importancia.

La intensa presión económica, dió origen a una profunda alteración del paisaje que se manifiesta anualmente en crecientes y aluviones torrenciales y de tipo catastrófico que afectan a la estabilidad y seguridad de los sistemas humanizados.

A través de este estudio, daremos una visión global del Departamento de Taff Viejo, para entrar luego en un estudio particularizado sobre las Sierras de San Javier, que constituye una de las zonas cuyos desequilibrios, causa mayor impacto desfavorable sobre las ciudades de Yerba Buena, Taff Viejo y San Miguel de Tucumán.

Tratándose de un problema de hidráulica torrencial, se estudiará a continuación a un torrente (Las Piedras) en su estructura y dinámica, como modelo para encarar proyectos de estabilización de la cuenca, de esta forma se podrán establecer las bases para encarar una política ambiental de ordenamiento del territorio que abarque a toda la Sierra de San Javier.

1.- UBICACION

El Departamento de Tafi Viejo, está localizado en el Centro Norte de la Provincia de Tucumán, entre los 26°30' y los 26°50' de latitud Sur y los 65°10' y los 65°40' de longitud Oeste (Mapa N°1).

El río Planchones lo limita al Norte con el Departamento Trancas, el río Salí al Este con el Departamento Burruyacu. Al Sud limita con los Departamentos de Yerba Buena y con Capital y al Oeste, las Cumbres Calchaquies lo limita con el Departamento Tafi del Valle.

El Departamento Tafi Viejo fue creado en el año 1978. La superficie total es de 1210Km².

La sede del gobierno departamental es la ciudad de Tafi Viejo con 25.000 habitantes.

2.- DIVISION ADMINISTRATIVA Y DEMOGRAFIA - (Mapas N° 2 y 3)

Municipio y Comuna	Viviendas	Población	Superficie en Km ²	Densidad hab/ Km ²
Municipio Tafi Viejo	6434	27463	44	624
Comuna Anca Juli	116	476	456	1
Comuna El Cadillal	181	556	96	6
Comuna La Esperanza	113	531	92	6
Comuna Las Talitas	3766	18137	37	490
Comuna Los Nogales	667	2810	79	35
Comuna Los Pocitos	1133	5694	28	203
Comuna Raco	649	2170	378	6
Total Departamento	13059	57837	1210	47,8

De este cuadro se pueden extraer las siguientes observaciones :

- 1) El Municipio de Tafi Viejo que representa el 3,6% de la superficie total, alberga al 48% de la población.

- 2) Las comunas de Los Nogales, Las Talitas y Los Pocitos, integran el gran San Miguel de Tucumán. Ocupan el 11,4% de la superficie departamental y allí habitan el 46% de la población.
- 3) Las Comunas de El Cadillal, Raco, La Esperanza y Anca Juli, abarcan el 85% del territorio del Departamento y solo tienen el 6,4% de la población.
- 4) Uno de los aspectos criticos del Departamento Taff Viejo, son las vías de comunicación. Al Este, la Ruta 9 que une Tucumán y Salta, lo atravieza de Sur a Norte y en la zona aledaña a Taff Viejo y San Miguel de Tucumán, existe una densa red caminera.

No sucede lo mismo con las Comunas de La Esperanza, y Raco donde solo la ruta 340-provincial integra el llamado turísticamente "circuito chico", que une San Javier, Tucumán, Raco, El Siambón y Tapia. La Comuna de Anca Juli que representa el 37,6% de la superficie departamental carece de una red caminera haciéndose el transporte en lomo de mulas.

3.- C L I M A

Es uno de los factores mas importantes en la caracterización de una región. A través de sus elementos: Precipitación pluvial y Temperatura, ejerce una gran influencia en el modelado del paisaje, en los procesos de génesis y evolución de los suelos, en la fisionomía de las formaciones vegetales, en el potencial productivo agrícola ganadero, y en las condiciones de vida de la población.

Las condiciones climáticas generales de la región, están determinadas por el juego de dos masas de aire: una cálida húmeda que procede del anticiclón del Atlántico Sur y la otra fría seca generada por el anticiclón del Pacífico Sur.

Este esquema teórico de la circulación atmosférica, se ve alterado, en la provincia de Tucumán, por la presencia de los cordones montañosos del Oeste, que debido a su orientación N-S actúan como una barrera para el paso de los vientos.

Durante el verano, el anticiclón del Atlántico se desplaza hacia el Norte, los vientos cálidos y húmedos penetran en nuestro territorio y se ven obligados a ascender frente al faldeo oriental de las Sierras del Aconquija produciéndose allí la condensación de gran parte de su humedad.

La Sierra de San Javier es la primera barrera que se opone al avance de los vientos húmedos, de manera que sus vertientes orientales son las mas favorecidas por las precipitaciones.

Durante el invierno, se activa mas el anticiclón del Pacífico Sur que al penetrar en territorio argentino pierden gran parte de su humedad y da origen a corrientes frias y secas, que avanzan hacia el norte recibiendo el nombre de "pampero".

Quando este viento llega hasta Tucumán provoca lluvias generales durante el verano y lloviznas persistentes en el invierno.

Las precipitaciones pluviales, constituyen la principal alimentación de los cauces naturales y de las reservas subterráneas cuyo comportamiento, está directamente vinculado con las mismas.

Los estudios climáticos del Departamento Taffí Viejo, se encuentran seriamente limitados, por la carencia de una red de observatorios meteorológicos.

Es por ello, que al referirnos a los datos climáticos, usaremos de los registros de las estaciones de Villa Nougues, Anta Muerta y Taffí Viejo que estan ubicadas en la cumbre y en el pié de las Sierras de San Javier, que forma el límite oriental del Departamento.

De todas maneras, estas responden a la zona demográfica y económicamente mas importante del Departamento y de allí la importancia de sus referencias.

3.1. Precipitaciones pluviales

Tres factores caracterizan a las precipitaciones pluviales :

3.1.1. Volúmen - (Tabla Nº1)

En el Departamento de Tafi Viejo el volúmen de las precipitaciones pluviales, se caracteriza por tener un epicentro en las cumbres de las Sierras de San Javier, con 1500 mms anuales. Desde allí decrece en forma brusca y concéntricamente hasta llegar a los 1000 mms anuales en Tafi Viejo, al pié de la Serranía. (Mapa Nº 4)

Hacia la parte occidental, se produce una "sombra de lluvia" ya que en Tapia al pié de las Sierras por el lado norte solo llega a 600mms anuales y en Raco a 500mms anuales.

3.1.2. Distribución

El volúmen anual de las precipitaciones pluviales, tiene solo un valor indicativo, ya que desde el punto de vista ecológico, es importante la eficiencia de las mismas, que depende principalmente de la distribución anual y de la evapotranspiración.

El régimen anual de las precipitaciones es de tipo monzónico ya que el máximo de las lluvias coincide con las temperaturas máximas.

En el Dpto. de Tafi Viejo, existen dos períodos anuales bien caracterizados. Un período "seco" que se extiende desde mayo a octubre donde caen solo el 15 a 20% de las lluvias anuales y un período "húmedo" desde noviembre hasta abril con el 80 a 85% de las lluvias anuales.

3.1.3. Intensidad

Expresa la cantidad de agua caída en la unidad de tiempo.

Su conocimiento es de gran valor ya que es un indicador de la "agresividad" climática.

En las Sierras de San Javier, la elevada intensidad de las lluvias, constituyen un factor de riesgo ya que de las mismas derivan los procesos de erosión, y las crecientes catástroficas que afectan a Taff Viejo, Yerba Buena y San Miguel de Tucumán.

La intensidad de las precipitaciones (mm/hora), la duración de las tormentas y la probabilidad de ocurrencia de las mismas, son de gran importancia en el estudio de los ríos y torrentes ya que así se podrá determinar el caudal máximo en cauce y en base al cual se diseñarán las obras de corrección.

Perera et al(21) han determinado las precipitaciones extremas que se producen en 24 horas para 5, 10, 25 y 100 años de recurrencia (Ver mapas N° 5, 6, 7 y 8).

Son de destacar los registros extremos observados en Taff Viejo para el año 1958 con 1689mms (508mm en Enero) y en 1950, con 687mms en todo el año.

En el mismo Taff Viejo el 10 de abril de 1985, cayeron 215 mms en una hora y media causando arrastre de lodo e inundaciones con graves perjuicios para la población.

3.2. Indices de Fournier

A fin de complementar la información existente respecto de la variación estacional y anual de las precipitaciones, tenemos de acuerdo a los indices de Fournier :

3.2.1. Índice de degradación específica

Cuenca alta (estación Anta Muerta)

$$p^2 / P = 90.000/1507 = 59,72$$

p^2 = precipitación del mes más húmedo

P = precipitación anual.

Según la correlación de Fournier y para la recta correspondiente a relieves acentuados, se obtiene una degradación específica de 2621 toneladas/Kms²/año, o sea, indica una erosión potencial fuerte para la alta cuenca.

Cuenca baja (Tafi Viejo u Horco Molle)

$$p^2 / P = 36481 / 1022 = 35,7$$

Para la recta correspondiente a relieves poco acentuados se obtiene un valor de 493 Tdas/Kms² /año o sea, indica un poder erosivo débil.

Esto indica que si queremos evitar o controlar el arrastre de material sólido, deberemos trabajar en la cuenca alta , donde existe mayor poder de degradación específica.

CONCLUSIONES :

Se analizan los registros de dos estaciones pluviométricas ubicadas en la alta y baja cuenca, a fin de obtener una caracterización climática general :

Anta Muerta (San Javier)

Altitud : 1300 msnm

Período de registro: 1977-1990

Fuente : Estación Agroindustrial Obispo Colombres.

Precipitaciones anuales : 1507 mms

Índice hídrico : 96,92

Caracterización mesoclimática (método Thornthwaite) FD*

Perhúmedo-hipertemplado-templado.

Tafi Viejo

Altitud : 650 msnm

Período de registro: 1966-1976

Fuente : Estación Agroindustrial Obispo Colom
bres.

Precipitación anual : 1022 mms

Índice hídrico : 5,07

Caracterización mesoclimática (método Thornthwaite) DB*

Sub-húmedo-húmedo cálido.

Se puede observar que para una diferencia de 650mts., en subida, corresponden a nivel promedio anual, 277mms de precipitaciones, lo que implica un gradiente pluviométrico de 0,75mms./año/mts.

Además de la irregularidad mensual, también se debe tener en cuenta la tendencia histórica de ciclos secos y húmedos, que abarcan varios años cada uno y que para San Miguel de Tucumán, fue estudiado por Minetti en el lapso 1984-1986, arrojando conclusiones que pueden ser extrapoladas para el área de estudio (Gráficos N°1 y 2). Las precipitaciones de primavera, que ocurren durante el trimestre Octubre-Diciembre, tienen mayor variabilidad relativa y presentan una ciclicidad, alternando períodos húmedos y secos, entre 23 y 29 años.

En cambio las precipitaciones de verano durante el trimestre enero/marzo, presenta oscilaciones rápidas cada 2,5 a 2,7 años.

Estación Anta Muerta - (Gráfico Nº3) y (Tabla Nº1)

Variación estacional :

$$P_m/P_a = 784,2/1507 = 0,52$$

P_m = Precipitación de los 3 meses de máximas

P_a = Precipitación anual

Significa que el 50% del total anual, se concentra en solo un trimestre (Diciembre-Febrero).

$P_m/P_a = 1$ cuando todas las lluvias caen en un solo trimestre.

$P_m/P_a = 0,25$ cuando llueve todo el año igual cantidad.

Variación anual

$P_{\text{anual máxima}} / P_{\text{anual mínima}}$.

$$1827,6 / 996,9 = 1,84$$

o sea, variaciones de casi doble al volumen anual.

Estación Tafi Viejo (Gráfico Nº 4)

Variación estacional

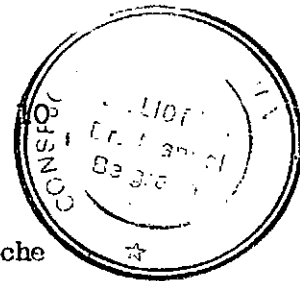
$$P_m/P_a = 490,3 / 1022 = 0,48$$

o sea, que casi la mitad de las precipitaciones se producen en un solo trimestre (Diciembre-Febrero).

Variación anual

$$P_{\text{max}}/P_{\text{min}} = 1689/687 = 2,46$$

o sea, variaciones que pueden superar al doble del volumen anual promedio.



Wurschmidt (29) aplicando la clasificación climática de Knoche define al clima de San Javier y Tucumán, sobre la base de las variaciones mensuales de la Precipitación y la Temperaturas, a lo largo del año.

De acuerdo a ello, ha construido un climograma (Gráfico N°5)

donde se observa que la amplitud climática de las dos estaciones estudiadas varían de muy seco a muy húmedo durante el año.

3.3.- Temperaturas (Mapa N°9)

Se analizaron los registros existentes en estaciones ubicadas en altitudes coincidentes con las de precipitación, o sea :

* Horco Molle : 650 mts. sobre el nivel del mar.

* Villa Nogués : 1.380 mts. sobre el nivel del mar.

Para la primera estación, la media anual es de $18,3^{\circ}\text{C}$, una mínima anual de $8,7^{\circ}\text{C}$ y una máxima absoluta de 38°C .

Los meses más cálidos son los de Diciembre y Enero, coincidentes con las mayores precipitaciones, mientras que el mes más frío es Agosto.

Para Villa Nogués, la media anual es de $14,2^{\circ}\text{C}$, una mínima en el mes de julio con $8,9^{\circ}\text{C}$ y los meses más cálidos son Diciembre y Enero, también coincidentes con las máximas precipitaciones.

En el gráfico N° 6 se puede observar el comportamiento de la temperatura con respecto a la altitud a nivel mensual, obtenido del procesamiento de los registros de 16 estaciones meteorológicas y asumiendo una relación lineal. Además de indicarnos la amplitud térmica reinante, los valores expuestos nos servirán para el cálculo del balance hidrológico zonal.

3.4.- Evapotranspiración

El agua aportada por las precipitaciones se pierde por evaporación y por transpiración de los vegetales, dando lugar al fenómeno conjunto de evapotranspiración. Esta depende de diversos factores : climáticos y fisiológicos principalmente, debiendo diferenciar el concepto de evapotranspiración potencial de la evapotranspiración real.

La primera es la máxima evapotranspiración posible bajo condiciones de suelo con abundante humedad y una cubierta vegetal completa. La evapotranspiración real es la que se produce en la realidad, en el momento, cualquiera sea el contenido de humedad y la cobertura vegetal; ocasionalmente puede igualarse a la potencial. Este valor de evapotranspiración puede medirse directamente o calcularse por fórmulas, entre ellas la de Thornthwaite, método que utilizaremos para determinar la misma y su incidencia en el balance hídrico global. Los resultados del método son aceptables para zonas húmedas, subvaluando levemente los mismos, lo que nos da un factor de seguridad al suponer mayor el escurrimiento superficial.

3.5.- Balance Hídrico

Este balance nos servirá como marco de referencia para los resultados que obtengamos, por otros métodos, de la escorrientia pico en cauce.

Se asume una capacidad de almacenaje del suelo de 150mm.

El cálculo se ha sistematizado en tablas y fué realizado para las localidades de Villa Nougés (1.388 m.s.n.m.) y Taff Viejo (650 m.s.n.m.), a fin de tener un panorama global del área. (Gráfico N° 7)

En el mapa N°10 se pueden observar las curvas que unen igual valor de evapotranspiración anual para distintas altitudes, obtenido del análisis del balance hídrico calculado para 16 estaciones.

3.5.1. Balance Tafi Viejo - (Tabla N°2)

Desde el mes de Noviembre, en que la precipitación comienza a ser mayor que la evapotranspiración, se inicia el proceso de almacenaje hasta colmar la capacidad de campo del suelo a fines del mes de Enero, transformándose la precipitación en escorrentía a partir de allí, hasta principios de Junio.

La lámina acumulada escurrida en el año, es de aproximadamente 145mm.

3.5.2. Balance Villa Nougés (Tabla N° 3)

Según los cálculos, el almacenaje de los excesos comienzan ya en septiembre, y el escurrimiento directo desde el mes de noviembre hasta junio, con una lámina acumulada en el año de 803mm., o sea que en la cuenca alta se produce con tres meses de antelación respecto de la cuenca baja, el proceso de escorrentía superficial directa, observándose desde noviembre y diciembre la circulación de agua en cauces.

Sin dejar de tener en cuenta la simplicidad del método del balance, que no considera otras variables que intervienen en el proceso hidrológico, es de hacer notar dos situaciones al menos como marco climático de referencia :

* En la cuenca alta, el escurrimiento directo comienza hacia principios del mes de noviembre, alimentándose los cauces naturales que descargan en la cuenca baja.

* Se observa una lámina muy importante que como excedente escurre en la cuenca baja, calculada en aproximadamente

680 mm., a lo largo del año. (Ver gráfico N° 7).

Esto representa casi el 55% de la precipitación total caída durante el año, y se concentra en un período de siete meses, entre noviembre y junio, siendo el principal motor de los procesos de degradación y erosión del área en estudio.

Las medidas de corrección deben estar orientadas a disminuir el volumen de ésta escorrentía, favoreciendo el proceso de infiltración y evapotranspiración.

3.6. Heladas

Para las estaciones Villa Nougés y Tafi Viejo, según Torres B. (25) y con 50 años de observaciones, tenemos los siguientes datos :

Villa Nougés :

Fecha media de la primera helada	23 de junio
Fecha extrema de la primera helada (posibilidad de ocurrencia, una vez cada 10 años).	19 de mayo
Fecha media última helada	17 de agosto.
Fecha extrema de la última helada (posibilidad de ocurrencia, una vez cada 10 años)	18 de setiembre.
Período libre de heladas	309 días

Tafi Viejo

Fecha media primera helada	25 de junio
Fecha extrema de la primera helada (posibilidades de ocurrencia, una vez cada 10 años)	23 de mayo
Fecha media última helada	8 de agosto
Fecha extrema de la última helada (posibilidades de ocurrencia, una vez cada 10 años)	6 de setiembre.
Período libre de heladas	325 días.

4.- GEOMORFOLOGIA ESTRUCTURAL

Los grandes rasgos del relieve, estan determinados por su estructura, que forma el marco donde se ejercen las líneas dinámicas directrices del paisaje y cuyo conjunto constituye un sistema morfogenético.

En el área de estudio del Departamento Tafi Viejo, se pueden señalar con nitidez dos grandes regiones geomorfológicas (Mapa N°11).

I.- Región montañosa

II.- Región pedemontana

4.1.- I.- Región montañosa : Constituye el 85% de la superficie total del Departamento. Está formada por una serie de cordones montañosos pertenecientes a las Sierras pampeanas. Entre ellos tenemos:

- .Cabra Horco (3000 msnm)
- .Cumbres de Mala Mala (3300 msnm)
- .Cumbres del Siambón (2000 msnm)
- .Altos de Anfama (2800 msnm)
- .Cerro Periquillo (1400 msnm)
- .Mesada de Chasquivil (2400 msnm)
- .Sierras de San Javier (1850 msnm)

forman el límite oriental y pertenece a las Sierras Subandinas.

Entre las Sierras del San Javier y las Cumbres del Siambón, se extiende el Valle de La Sala donde se localiza la población de Raco.

4.2.- II.- Región Pedemontana

Se extiende al pie de las Sierras de San Javier.

Según Zuccardi y Fadda (30) pertenece a la Sub-región del Pedemonte húmedo y perhúmedo que abarca las alturas

comprendidas entre 500 y 800 msnm.

El relieve, la intensidad de las precipitaciones y los suelos constituyen factores que influyen en la inestabilidad del medio.

Se encuentra fuertemente alterado por acciones antropógenas que ha dado origen a formas degradadas por procesos de erosión.

5.- MORFOGENESIS

Es el resultado de una combinación de procesos y de mecanismos diferentes que interactúan entre sí y cuya combinación constituye un sistema morfogénico.

El aire y el agua en movimiento introducen energía cinética al sistema y ello permite interpretar al espacio como un campo de fuerzas en donde la resultante de acciones de retroalimentación (feed back) positivas y negativas determinan las características del modelado del paisaje.

Los principales factores que integran el sistema morfogénico son :

5.1.- Morfometría : El valor de las pendientes, expresa la energía potencial del relieve. El desnivel del terreno expresado a través de las curvas hipsográficas pone en acción a las fuerzas gravitacionales creando un polo de elevada energía potencial positiva.

Los valores que nos proporciona la morfometría, no indican por sí mismos la dinámica del paisaje, sino, que actúan en interacción con el clima y la vegetación.

En cada lugar hay umbrales de funcionamiento. Relieves positivos, en donde superados los mismos, se ponen en movimiento mecanismos que determinan procesos de ablación y denudación (erosión de los suelos). En estos casos es la gravedad

la que dirige la evolución morfogenética.

Por debajo del umbral mínimo de funcionamiento, se encuentran zonas de estabilidad, que da origen a fenómenos de sedimentación.

El balance final de estas acciones tiende al aplanamiento del relieve.

Las cartas hipsográficas. (Mapa N°12) expresan el grado de riesgo, e inestabilidad de una región.

En el Departamento de Tafi Viejo, la región montañosa está caracterizada por la fuerte energía del relieve, lo que juntamente con las intensas precipitaciones pluviales origina un medio fuertemente inestable que se manifiesta en la presencia de formas denudativas en las parte cumbral y en las laderas.

5.2.- Litoestructura : La composición litológica, influye de acuerdo a su capacidad de meteorización de los minerales y rocas que componen el material madre. Eso determina condiciones particulares de disección y de formas y estructuras de las redes de drenaje.

Las rocas que componen los cordones montañosos de las Sierras pampeanas, así como en las de San Javier, se encuentran fuertemente meteorizadas por lo cual son llamadas "rocas podridas". Esto origina formas poco coherentes, susceptibles tanto a erosión como a remoción en masa o aluviones en los relieves más enérgicos.

Por su organización estructural, las Sierras forman cordones montañosos de orientación NW-SE con pendientes graduales hacia la vertiente oriental y abruptos en la vertiente occidental.

Por su altitud, constituyen barreras a los vientos húmedos y en sus faldeos orientales- con mayores precipitaciones- se encuentran cubiertos con una densa masa boscosa.

El bloque montañoso del Departamento Tafí Viejo, constituye un importante cuenca imbrifera, ya que allí nace una densa red hidrográfica que vierte sus aguas a la llanura tucumana.

5.3.- Factores bioclimáticos : La acción combinada del clima y la vegetación, constituye lo que globalmente se llama fuerzas externas. Ambos interactúan y se realimentan mutuamente.

El clima, a través de sus elementos - precipitación y temperatura- tipifica al ambiente y determina el potencial ecológico. Condiciona a las formaciones vegetales y estas a su vez influyen en el microclima de un lugar.

Desde el punto de vista energético, clima y vegetación ejercen acciones antitéticas ya que el clima introduce al ambiente una fuerte dosis de energía cinética, a través de la caída de agua. Mediante la escorrentía resultante se da comienzos a procesos de retroalimentación positiva que lleva a una continua degradación del paisaje.

La vegetación, por el contrario, tiende a neutralizar esos efectos negativos mediante mecanismos de retroalimentación negativa ejercida ya sea por la canopia que forma una "pantalla" que neutraliza el impacto de las gotas de lluvias torrenciales y por los troncos y la hojarasca que aumentan la "rugosidad" de la superficie y frenan al agua de escorrentía.

En resumen, la vegetación es un factor de regulación del ciclo hidrológico, favoreciendo la infiltración, el humedeci-

miento de los suelos, la recarga de los acuíferos y crea condiciones de una mayor humedad ambiental.

Todo el Departamento de Taff Viejo, salvo alturas superiores a los 2500msnm, ha estado primitivamente cubierto de bosques naturales. Los mismos se ordenan verticalmente formando "pisos ecológicos", en los cuales la precipitación aumenta de abajo hacia arriba mientras que la temperatura desciende en el mismo sentido.

Los pisos ecológicos están tipificados por las siguientes formaciones vegetales :

a) Selvas sub-tropicales

Selva basal o Selva del laurel 500 a 1200 msnm.

Selva de mirtáceas - 900 a 1300 msnm.

b) Bosques montanos

Bosque del pino-nógal - 1000 a 1700 msnm.

Bosque de alisos - 1400 a 2200 msnm.

Bosque de la queñoa - 2200 a 2500 msnm.

c) Prados de altura - 2000 a 2500 msnm.

5.4.- El sistema hidrológico : Constituye una expresión sintética de la dinámica de una región.

En el Departamento de Taff Viejo, existe una densa red de drenaje (Mapa N°13), que se origina en las intensas precipitaciones que se producen en los faldeos orientales de la serranía.

Por el Norte el Río Chasquivil y Anca Juli, que nacen en las cumbres Calchaquies y que contribuyen a formar el Río Vipos, Desaguan en el Río Salf en la cuenca Tapia-Trancas- Salf-Cadillal. Por el Sur los ríos Liquimayo, de la Hoya, Anfama, de las Juntas San Javier y Las Tablas, contribuyen a formar

el río Lules que lleva sus aguas al río Salí en la cuenca Aconquija - Salí - Río Hondo.

5.5.- Factores antropógenos : En el Pedemonte del Departamento

Taff Viejo se ha asentado una densa población, lo que determina una fuerte presión económica sobre el ambiente.

La acción del hombre ha cambiado a un sistema morfogenético en estado climax - Biostasia - en un sistema morfogenético agresivo - Mexistasia antrópica.

Ello se ha producido a través de una sistemática alteración de la cobertura vegetal ya sea por transformación de los bosques en campo de cultivos o por la explotación forestal intensiva de las especies maderables. Todo ello, se ha realizado, sin tener en cuenta las normas conservacionistas.

Las consecuencias han sido visibles y catastróficas y periódicamente se pone en evidencia, con la gran cantidad de sedimentos acarreados por los ríos y sus crecientes torrenciales que afectan a las ciudades de Taff Viejo y Yerba Buena. Esto ha obligado a construir una extensa obra de sistematización

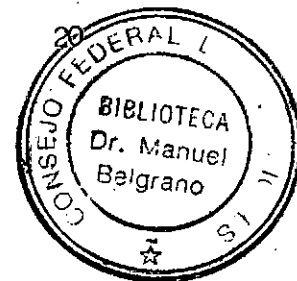
CONCLUSIONES

(Mapa N°14).

Las Sierras forman un sistema polarizado, con un nodo de fuerte energía potencial en sus cumbres y con una descarga de gran intensidad debido al elevado valor de sus pendientes y a la intensidad de las lluvias.

El conjunto de acciones externas, se traducen en fenómenos de erosión intensiva ya sea en forma areolar o en forma concentrada en cárcavas, que se traducen en fenómenos de ablación-demudación en los relieves positivos de alto contenido de energía potencial y en fenómenos de sedimentación en los relieves negativos de baja energía.

Estas acciones están comandadas por el juego de los si-



guientes factores :

- a) intensidad de las precipitaciones.
- b) valor de las pendientes - morfometría.
- c) naturaleza de las rocas - litología.
- d) mecanismos de movilización de los materiales edáficos -clima-vegetación-relieve.
- e) mecanismos de transporte -escorrentia-acción preponderante del agua.

El conjunto de estos factores integran un sistema morfogenético de gran agresividad.

Las acciones antropógenas, ocupan un lugar aparte ya que en ciertas condiciones pueden organizar paisajes estables y ordenados a través de una cuidadosa planificación, o pueden exacerbar a los factores agresivos del sistema y producir la degradación del ambiente.

6.- SIERRAS DE SAN JAVIER

6.1.- Ubicación : Se localiza entre los 26°38' y los 26°57' de latitud sur y los 65°20' y los 65°26' de longitud Oeste.

Se encuentra a 16Km. de la ciudad de Tucumán y constituye un cordón montañoso de 34Kms. de largo por 9km. de ancho. Su superficie total es de 237Km² (Bonino (4)).

La altura máxima es de 1875 msnm en las cumbres el Taficillo y la altura mínima es de 1200 msnm. en la llamada Puerta de San Javier.

6.2.- Importancia de su estudio : Forma el cordón oriental del sistema montañoso del Departamento Tafi Viejo y constituye la primera barrera mecánica que detiene a los vientos húmedos del SE y es por ello que recibe una mayor proporción de las lluvias.

Con el Pedemonte y la Llanura tucumana, las Sierras de San Javier, forma una región polarizada unida a través de numerosas líneas de flujos. En sus cumbres existe un nodo de alta energía potencial que se descarga mediante torrentes hacia el pedemonte originando fenómenos de hidrología torrencial que han producido impactos catastróficos en las poblaciones aledañas.

Por sus características ecológicas- Precipitación y Temperatura la vertiente oriental de la Serranía y sus Pedemonte asociado manifiesta un elevado potencial productivo.

En condiciones naturales, toda el área se encontraba cubierta por una densa selva sub-tropical, la del laurel en la parte baja y las mirtáceas en las primeras estribaciones.

Las condiciones de elevada productividad de su ambiente natural ha originado una profunda alteración antropogénica que se manifiesta en dos aspectos. En primer lugar, el cambio del sistema natural por un sistema cultural dominado por el cultivo de citrus y caña de azúcar.

En segundo lugar, en el área existe un denso asentamiento humano, localizándose las ciudades de Tafi Viejo, Yerba Buena y poblaciones pertenecientes al gran San Miguel de Tucumán.

Todo ello ha originado un sistema de degradación generalizado que constituye un permanente riesgo a la población.

6.3.- El ordenamiento de cuencas en las Sierras de San Javier :

Se ha estudiado con fines de caracterización, diagnóstico y mejoramiento, el proceso hidrológico típico de la Serranía, ubicado al Oeste de las ciudades de S.M. de Tucumán y Tafi

Viejo, abarcando a las cumbres del Taficillo y las de San Javier.

El área ha sido estudiada por Mon y Suayter (18) y Moreno (17) y comprende numerosas cuencas y sub-cuencas de ríos y arroyos-torrentes que surcan en dirección Oeste-este a las vertientes oriental de las Sierras de San Javier.

Según los citados autores desde Yerba Buena hacia el Norte se pueden señalar a los siguientes torrentes :

- Quebrada de Las Cañas
- Arroyo Anta Yacu
- Quebrada de Las Piedras
- Arroyo Las Víboras
- Arroyo El Cedro
- Quebrada de Las Cañitas o de Cainzo
- Arroyo El Tala
- Arroyo de la Hostería
- Quebrada de La Toma
- Quebrada El Cochuchal
- Quebrada de Nueva Esperanza

existen numerosos torrentes de menos cuantía. (Mapa N°15).

6.4.- Geomorfología : Según Moreno (14) Taff Viejo está situado en una llanura de superficie irregular perteneciente al pie de monte de la Sierra de San Javier. Las lomas vecinas al cerro forman parte de un amplio glacis de denudación, estando sometidas a intensos procesos erosivos que las han modelado, dándoles un perfil suave y rebajando su altura abriendo numerosas cárcavas en los terrenos mas llanos.

Los cursos de agua que bajan de la Sierra, depositan en esta zona, parte de su carga sólida, recogiendo a su vez los materiales resultantes de la erosión local para transportarlos a niveles inferiores; por lo tanto hay casi equilibrio entre

los procesos erosivos y acumulativos, aunque predominan los primeros.

Los arroyos atraviezan el glacis, encajonándose en él, algunos han excavado ya un cauce definitivo limitado por barrancas, en cambio otros todavía no han profundizado su cauce. Cuando las quebradas entran en la llanura, la potencia neta de los cursos de agua disminuye y se hace negativa y la carga sólida transportada se deposita construyendo conos de deyección. El glacis de denudación finaliza y en su lugar comienza el glacis de acumulación.

Al Oeste de Taffi Viejo hay seis conos de deyección que coalescen desde el río Caihzo en el Sud hasta Nueva Esperanza en el Norte (Mapa N°16).

Todos ellos avanzan sobre el radio municipal originando diversos perjuicios.

El cono aluvial de la Quebrada El Cochuchal, es de menor tamaño pero, de gran importancia ya que sobre él se ha emplazado un sector de la ciudad en condiciones muy precarias.

6.5.- Hidrología : El tramo en estudio está comprendido principalmente entre la cuenca u hoya de recepción y la desembocadura del cauce al pie de monte, entre altitudes de 1700 a 700 mts. sobre el nivel del mar, habiéndose empleado para la caracterización parámetros de geomorfología cuantitativa, hidrología e hidráulica fluvial, a partir de los cuales se podrán obtener algunas conclusiones y presentar algunas propuestas de manejo o corrección de los torrentes.

Algunas cuencas han sido caracterizadas en forma aislada, desde el punto de vista hidrogeomorfológico, detectándose una gran similitud entre las mismas, resultando de interés expo-

ner las características comunes de toda el área, en un comentario general de su dinámica fluvial, morfológicas e hidrológicas.

A su vez, se resumirán los parámetros de geomorfología cuantitativa e hidrología calculados, a fin de ser comparados entre sub-cuencas y respecto de otras cuencas del territorio provincial.

Características generales : Los cursos de agua que drenan la vertiente oriental de la sierra tienen sus lechos en planos de fractura de rumbo predominantemente N.O. - S.E., siendo su dirección controlada por la estructura del macizo montañoso. En las nacientes de las quebradas y durante un corto trayecto según Moreno (15), el agua corre por un lecho muy angosto de aproximadamente 40 a 50cms de ancho, encajonado entre altas paredes del basamento. El cauce presenta numerosos saltos y presenta numerosos afluentes. La erosión laminar es el fenómeno dominante.

El talweg y el interfluvio tienen un carácter marcadamente juvenil.

Aguas abajo en el canal de desagüe, el cauce se ensancha y se diferencia ya en un canal de estiaje, delimitado por pequeñas barrancas bajas y cortas formadas por material de acarreo.

En el pie de monte y en la zona de glacis el lecho mayor o de inundación es muy amplio superando los 50ms en algunos casos.

Los cauces están cubiertos de material alóctono.

El perfil longitudinal de los ríos es suavemente cóncavo, con un corto tramo convexo en el sector de nacimiento.

Los gradientes varían de 30 al 38% en los tramos más empinados superando el máximo admisible del 30% para un tapiz vegetal completo (García Mijera - 1962) .

Hacia la desembocadura varían entre 0 y 5% (el 7% sería la pendiente de equilibrio según lo establecido por la Dirección Provincial del Agua de la Provincia).

En las cuencas altas se observan numerosos resaltos, originados por el movimiento diferencial de los bloques, a ambos lados de los planos de falla.

Los perfiles transversales son asimétricos, con los arroyos recostados, en casi toda su longitud, sobre la margen norte, cuyas vertientes son por lo general, de mayor altura que las opuestas. En algunas cuencas existen sectores de éstas vertientes con gradientes superiores al 70%.

El escurrimiento es superficial en la alta cuenca, y en el tramo superior de la cuenca media, ya que el lecho ha sido labrado en las rocas del basamento cristalino que aflora desnudo o con una cubierta aluvional de poca potencia y discontinua. Desde la cuenca media hacia abajo se incrementa el espesor de las acumulaciones de detritos en los cauces. Correlativamente aumenta el volumen de agua que escurre en forma hipodérmica, que en el período primaveral supera el caudal superficial. Las corrientes de agua que actúan en el área son del tipo efluente, o sea que drena el manto acuífero al estar ubicados sus cauces en los sectores bajos, originándose ríos permanentes o perennes.

6.6.- Torrentes : Los cursos de agua se clasifican como torrentes ya que cumplen con las siguientes características :

- poseen una cuenca pequeña.
- un recorrido de pocos kilómetros (50 a 60Kms.)
- pendientes pronunciada e irregulares.
- crecientes súbitas y violentas.
- valles estrechos.
- caudal de primavera infimo o nulo.

- . gran cantidad de material de transporte que se deposita en el tramo inferior.
- . se encuentran seco la mayor parte del año.

6.6.1.5 Partes de un torrente: En los torrentes es necesario diferenciar las siguientes partes : (Gráfico N°8).

. Cuenca de recepción:

es la región más alta del torrente tiene frecuentemente forma de embudo y de ella proviene la mayor parte del caudal líquido y sólido.

- . Canal de transporte o garganta: es el canal por donde escurre hacia el llano las aguas acumuladas en la cuenca de recepción. Se encuentra frecuentemente encajonado entre márgenes abruptas.

Se observan altas velocidades e importantes acarreo de materiales.

- . Lecho de deyección - formado por los materiales que el torrente va depositando.

- . Canal de desagüe : es el tramo donde las aguas que quedan libres de acarreo, escurren limpias y casi inofensivamente.

El reconocimiento de estas partes es necesario para establecer un plan de ordenamiento de la cuenca.

Respecto del lecho conductor, se pueden distinguir tres tipos característicos :

- Lecho mayor: es el caudal de mínima, ocupado permanentemente por las aguas de los ríos de régimen permanente.
- Lecho mayor estacionado: ocupado periódicamente por las aguas durante los períodos de creciente.
- Lecho mayor excepcional: ocupado por las aguas de crecientes excepcionales.

6.7.- Geomorfología Cuantitativa : Utilizaremos ésta técnica a los fines de caracterizar los elementos que componen las distintas cuencas y sub-cuencas comprendidas en el área de estudio. Los parámetros estadísticos recopilados y calculados servirán para ser comparados entre sí y obtener algunas conclusiones sobre las características de las mismas.

Según Strahler, éstos parámetros se clasifican en :

- a) Propiedades lineales del sistema de cauces: considerando los ríos como simples líneas.
- b) Propiedades superficiales de la cuenca : se estudian proyectando la superficie del terreno sobre un plano horizontal.
- c) Propiedades del relieve: se describen las alturas relativas respecto de un plano horizontal de referencia, como expresión de la dimensión vertical del paisaje.

Los valores analizados pueden observarse en la Tabla N° 4.

6.7.1.- a) Propiedades lineales

a.1.- Número de orden de los cauces (N_o): indica el grado de jerarquización de un sistema hidrográfico.

Hasta la cota 700mts. sobre el nivel del mar, se observa que el máximo orden de cauces es de 4, lo que indica una cuenca medianamente jerarquizadas.

a.2.- Relación de bifurcación (R_b): los valores de R_b fluctúan entre 2 y 5 según Strahler, observándose para el área en estudio que éstos varían entre 4,48 y 5,34 como valores medios, característicos de las cuencas alongadas.

a.3.- Relación de longitud (RL) : para la relación entre cauces de orden 1 y 2, ésta varía entre 0,63 y 1,39 y para cada pasaje a un orden inferior tiende a triplicarse. Los valores observados indican que la red de drenaje no posee rapidez de concentración hacia aguas abajo, sin confluir directamente los tributarios al colector principal.

a.4.- Coefficiente R HO : fluctúa entre 0,57 y 0,63, indicando que ante un determinado volumen de precipitaciones se alcanza el caudal pico en menos tiempo que otras cuencas con valor de RHO mayores.

6.7.2.- b) Propiedades superficiales

b.1. Area de la cuenca (A): varía entre 1 y 10Kms² clasificándose según su tamaño como cuencas chicas características de los cauces torrentes.

b.2. Coefficiente de compacidad: coeficiente de K_c fluctúa entre 1,23 y 1,88m, debiéndose tener en cuenta que a mayor valor, mas irregular es la cuenca. La forma más común es éste tipo de hoyas es alargada con gran predominio de la longitud respecto del ancho.

b.3. Frecuencia de los rios (F_r): es un valor alto para las cuencas estudiadas. fluctuando entre 15 y 62, confirmando los establecidos por la R_L , de no existir tendencia de la red de drenaje a concentrarse rápidamente aguas abajo.

b.4. Densidad de drenaje (D_d): Se observan valores sumamente altos, con una superficie relativamente pequeña, indicando áreas bien drenadas en la zona del estudio.

6.7.3.- c) Propiedades del relieve :

Según Paulsen (1940), la infiltración de las aguas de lluvias aumenta proporcionalmente con la disminución de los gradientes o pendientes de los terrenos.

c.1. Gradiente : como característica de los torrentes en estudio, el gradiente longitudinal disminuye hacia aguas abajo, pudiendo definirse 3 pendientes principales:

Cuenca alta : 24 al 32%

Cuenca media : 12 al 15%

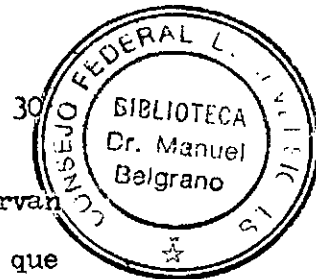
Cuenca baja : 06 al 09%

Ver Gráfico N° 10

c.2. Perfil Transversal: presentan un perfil en V típico, más ancho que alto con el bloque Norte sobreelevado respecto al Sur por fallamiento de las quebradas. La ladera Norte es a la vez más empinada, con tributarios más cortos y con mayor pendiente. Ver gráfico N° 9

c.3. Hipsometría : arroja información acerca del estado de desarrollo de la cuenca, de su volumen rocoso, torrencialidad y los efectos de la erosión sobre sí misma. La forma de la curva hipsométrica refleja la acción de los procesos tectónicos y erosivos que moldearon el paisaje, haciéndose más importante la erosión antrópica en la cuenca baja.

El estado de desarrollo de las cuencas del área es sumamente variable y complejo, aunque



en general las cuencas principales observan un estadio de madurez temprana mientras que las subcuencas presentan un estado juvenil.

7.- CARACTERIZACION DE LA CUENCA DEL RIO "LAS PIEDRAS"

Esta caracterización y sus resultados, se estima pueden ser extrapolados al resto del área, ya que hemos visto que la mecánica del comportamiento de los torrentes y su geomorfología es similar.

Se resumirán las principales características geomórficas de la cuenca, el régimen climático-hidrológico y se propondrán las medidas y obras de corrección.

7.1.- Ubicación y vías de acceso : La cuenca del río Las Piedras se encuentra en la vertiente oriental de las Cumbres del Tafiillo, Departamento Tafi Viejo, de la Provincia de Tucumán, aproximadamente a 4 Kms. de la rotonda de Avenida Aconquija y a 800 mts. al norte de Horco Molle. Sus coordenadas geográficas son 65° 23' de longitud oeste y 26°46' latitud Sur. El acceso a la zona se realiza desde las instalaciones universitarias de Horco Molle; también desde Villa Carmela por el camino de los Gringos. El área estudiada abarca la cuenca entre altitudes 1700mts. sobre el nivel del mar. Ver Mapa N° 17 y 650mts. sobre el nivel del mar, antes de la confluencia del río Caimza, abarcando una superficie de aproximadamente 9,733 Kmts.².

7.2.- Clima : Pueden adoptarse las conclusiones y la información obtenidas para el área general.

Estaciones de Anta Muerta (1.300 mts. sobre el nivel del mar) y Tafi Viejo (650mts. sobre el nivel del mar).

7.3.- Vegetación : Las condiciones climáticas han dado lugar al desarrollo de una frondosa vegetación en gran parte de las vertientes y lecho de inundación, aunque no han sido cubiertas algunas vertientes muy empinadas.

Esta vegetación tiene gran importancia en el balance hídrico por cuanto un gran volumen de agua abandona la cuenca por evapotranspiración. Por otro lado ésta cubierta favorece la infiltración de las aguas que precipitan, disminuyendo el volumen de escorrentía superficial y aumentando la recarga subterránea. Por otro lado el complejo de raíces da mayor resistencia al suelo frente a los procesos de erosión incipiente, reteniendo el contenido de materia orgánica superficial.

Se distingue en la cobertura vegetal, el desarrollo de forestales y arbustos por un lado y las extensiones de pastos por otro. Según Lando (1980) de lluvias intensas sobre bosques densos escurre el 6%, mientras que sobre terrenos desnudos la escorrentía superficial alcanza el 60% de la precipitación caída.

7.4.- Suelos : La característica principal es la no existencia de un verdadero perfil ya que se han desarrollado en la zona del piedemonte donde los fenómenos de erosión y deposición suceden con rapidez.

Se ha descrito la distribución textural, que da una idea de la distribución de los grados de permeabilidad que determinan la infiltración, delimitando áreas de escurrimiento predominante, recarga subterránea o erosión potencial.

Se han descrito los siguientes tipos :

- 1) Textura gruesa : predominan gravas y guijarros.
- 2) Textura media : predominan arenas.
- 3) Textura fina : limo y arcilla.

Los primeros son suelos bien drenados con poca capacidad de retención de humedad y aparecen afectados por cárcavas, al realizarse una intensa actividad agrícola sin medidas de conservación. Se ubican entre los 800 y 600mts. sobre el nivel del mar hacia donde la urbanización presenta una extensión progresiva.

Los suelos de textura media, ubicados al este de los primeros entre 600 y 500mts. sobre el nivel del mar, poseen buen drenaje.

Más al éste de éstos y sobre el Camino del Perú, se ubican los suelos de textura fina con baja infiltración y escurrimiento superficial rápido, favorecido por pendientes del orden del 5% (Ver Mapa Nº18).

7.5.- Geomorfología : El río Las Piedras corre sobre una falla de rumbo NOROESTE - SUDESTE. Su cuenca de recepción se extiende entre los 1.700 y 1.200 mts. sobre el nivel del mar, con una pendiente general del orden del 38 %.

El canal de desagüe finaliza a los 800 mts. sobre el nivel del mar y su pendiente se encuentra dividida por una falla de rumbo oblicuo al cauce, con un 15 % en el tramo superior y un 10 % en el inferior.- (Gráfico Nº 10).

La zona inferior de depositación, presenta una disminución del gradiente, del orden del 5 %, observandose a partir de allí un incremento de la potencia de la cubierta aluvional.-

El valle tiene un perfil longitudinal suavemente convexo - con-

cavo, sin desniveles abruptos. El perfil transversal es asimétrico, con la divisoria de aguas a mayor altura en la vertiente Sur, donde las pendientes son más suaves.

El río corre recostado sobre la margen Norte, habiéndose establecido el cauce en un plano de falla, hasta los 700 mts. sobre el nivel del mar (Picada O.S.M.) desde donde sale de la misma con dirección Norte y confluye con el río Caimza a aproximadamente 600 mts. de distancia.

El área de la cuenca es de 9.733 Km^2 , la longitud del colector principal es de 6,6 kms. con una longitud total de cauces tributarios de 43,35kms.

El máximo orden de cauces corresponde a 4, indicando que todo el sistema se encuentra en un grado no muy avanzado de desarrollo.

La relación de bifurcación media es de 4,48, valor normal característico de cuencas elongadas, mientras que la frecuencia de los ríos es de $26,6 \text{ cauces/kms}^2$, sumamente alto, indicando que no existe rapidez de concentración.-

La relación de longitud media fue calculada en 3,9 confirmando que no existen tendencias de la red de drenaje a concentrarse río abajo.-

La Densidad de drenaje indica una cuenca bien drenada, con un valor de $7,68 \text{ kms/kms}^2$.-

El Coeficiente de Capacidad es de 1,23 indicando la irregularidad de la cuenca respecto de un círculo que posee la misma superficie, mientras que el coeficiente de Forma fue calculado en 0,346, de acuerdo a su conformación semejante a un rectángulo irregular.-

Del análisis de las curvas hipsométricas de cuencas y subcuencas

surge que el 43 % de las consideradas se encuentran en estado de madurez, mientras que el 57 % restante se presentaba en estado juvenil - Ver Gráfico Nº 11.-

7.6.- Hidrología :La principal fuente de alimentación de la cuenca es la precipitación pluvial que ya hemos analizado y observado su régimen característico de concentrarse su mayor volumen durante los meses de verano.

Las tormentas en esa época del año son intensas y según lo observado en el balance hidrológico, se producen en un momento en que la alta cuenca se encuentra saturada en su capacidad de almacenamiento subterráneo.-

Esto produce importantes volúmenes de escorrentía superficial que favorecidos por las fuertes pendientes escurren hacia aguas abajo con un tiempo de concentración que fue calculado en 35,2 minutos (Kirpich). Esta rapidéz implica altos picos de caudales en crecida con elevado poder erosivo que produce el transporte de materiales del lecho ya sea por acarreo, saltación o suspensión, depositándolo aguas abajo, donde la pendiente y la energía de movimiento disminuye.-

La granulometría que cubre el lecho del río es predominante de gravillas, gravas y bloques, de alta permeabilidad, lo que explica el alto escurrimiento hipodérmico existente aguas abajo de los 800mts. sobre el nivel del mar, durante la época de mínima. En ella, se han registrado caudales superficiales muy variables en función del lugar de medición, con una media de $0,145 \text{ mts}^2/\text{seg.}$ en altitud aproximada de 700 mts. sobre el nivel del mar.

Hidrológicamente también nos interesa conocer cuales son las características de las precipitaciones extremas del área, y su relación con la proporción que escurre en forma directa, relacionados por su intensidad, duración de la tormenta y probabilidad

de ocurrencia.

De tal análisis, surgirá un caudal pico que deberá ser tenido en cuenta para el cálculo y dimensionamiento de las obras de corrección.

Lamentablemente no existe información alguna acerca de caudales extremos circulantes por los cauces, lo que nos ubica en una situación de cuencas "sin datos".

Estos deberán, entonces, ser inferidos mediante métodos empíricos que ajusten sus resultados a las condiciones naturales del área. Este ajuste puede realizarse a través de mediciones "indirectas", registrándose la altura de la máxima creciente observada en el cauce y con sus características hidráulicas: pendientes longitudinales, perímetro mojado, sección, rugosidad.

Es de suma importancia tener en cuenta el área que estamos estudiando, a fin de adoptar un determinado nivel de probabilidad de recurrencia que nos dé seguridad contra riesgo de destrucción de la infraestructura existente, pero que a la vez no encarezca innecesariamente las obras a proyectar.

Utilizaremos para el cálculo del caudal pico la metodología del Servicio de conservación de Suelos, denominando "Curvas Número" (1972), del cual se obtendrá la porción de escorrentía de la precipitación extrema adoptada. (Gráfico N°12).

Luego se aplicará el método del "Hidrograma Adimensional", a fin de reconstruir el mismo.

Los datos de precipitación extrema pueden tomarse de diferentes fuentes, que ya citamos :

- Mapas N° 5 y N° 6 de precipitaciones extremas en 24 horas, para la Provincia de Tucumán y 5 y 10 años de recurrencia.

- Precipitaciones mensuales de la estación Anta Muerta, a 1.300mts.sobre el nivel del mar con once años de registros.
- Valor extremo instantáneo de 215mm, caídos en una hora y me dia (90min.) registrado el 10.04.85, en Taff Viejo.
- Valor extremo mensual de 508mm. caídos durante Enero de 1958 en Taff Viejo.

Las condiciones asumidas para la cuenca son las siguientes :

- Bosque, Cobertura vegetal buena (mayor del 75%), Suelos con alto potencial de escorrentía, condición de humedad antecedente III (cuenca húmeda al producirse el evento, más de 53mm. caídos en los cinco días anteriores).

El valor de la C.N. es de 89 (S = 3,14cmts.)

Para C.N. = 89, la relación Precipitación (P) - Escorrentía (Q), es la siguiente :

$$Q = \frac{(P - 0,628)^2}{P + 2,512}$$

Para una mejor visualización véase la curva que relaciona P con Q - (Ver Gráfico N° 13).

Es de destacar que para cinco ensayos realizados en cuencas experimentales en Ohio (EE.UU.), para suelo de tipo C (Moderadamente alto potencial de escorrentía) y buena condición hidrológica, el C.N. calculado arrojó un error del 12% respecto del valor medido a campo, margen aceptable para la adopción del método como estimado del caudal pico.

Nota: el método asume que la precipitación caída se convierte en escorrentía e infiltración, agrupando en un valor de 0,25 a las pérdidas por intercepción, y almacenamiento en depresiones e infiltración inicial.

Para la reconstrucción del hidrograma de creciente de la precipitación extrema escogida, mediante el hidrograma Adimensional,

asumiremos las siguientes condiciones :

$$P_{pt} = 70\text{mm. en } 1,5 \text{ horas (90')}$$

$$\text{Recurrencia} = 10 \text{ años}$$

$$T_o = 35 \text{ min.}$$

$$\text{Duración de la tormenta de cálculo} = 0,58 \text{ horas (35')}$$

$$\text{Area} = 9,733 \text{ kmts}^2.$$

$$\text{Escorrentía (Q)} = 45\text{mm.}$$

$$t_{\text{pico}} = 0,638 \text{ horas} = 38'$$

$$t_p = 145,8 \text{ mts}^2/\text{seg.}$$

RELACIONES ADIMENSIONALES

T/T_p	0	0,4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,5	4,0	5,0
$T(\text{hs.})$	0,255	0,510	0,638	0,766	1,02	1,276	1,531	1,786	2,233	2,55	3,19	
q/q_p	0	0,28	0,89	1,00	0,92	0,56	0,32	0,18	0,098	0,036	0,018	-
$q(\text{m}^3/\text{seg})$	0	40,6	129	145	133	81	46	26	14	5,22	2,61	

En base a T y q se construyó el hidrograma de creciente (Ver Gráfico N°14).

7.7.- Transporte de materiales : En los torrentes existe una gran diversidad de materiales transportados, desde arcilla, proveniente de la erosión laminar, hasta rocas que se originan en el desprendimiento de laderas y se mueven en crecientes extraordinarias.

En función de su tamaño y de su ubicación en el torrente serán transportados por suspensión, saltación o acarreo y la medición del volumen de cada uno se mide de forma diferente, en suspensión por un lado y arrastre por otro. Según índice de degradación calculado, el volumen potencial de sólidos aportables por la cuenca alta sería de aproximadamente 8000 Ton./año. Para el

río Lules, según mediciones efectuadas por Agua y Energía Eléctrica, el caudal sólido en suspensión promedio es de 380.000 tons./año a 950mts. de altitud para una cuenca de 600 kms². de superficie. El máximo es de 916.000 y el mínimo de 30.000 toneladas por año de un registro desde 1972 a 1983. (Ver Tabla N°5 y Gráfico N°15).

7.8.- Diagnóstico

El cuadro de situación y principales características de las cuencas de la vertiente oriental de la Sierra de San Javier es el siguiente :

- Los cursos de agua que drenan la vertiente oriental de la Sierra de San Javier se clasifican como torrentes.
- Esta tipificación implica que para su corrección deben aplicarse las medidas o acciones indicadas para la misma, ajustadas a la realidad del medio.
- Climáticamente se observa un elevado promedio anual de precipitaciones pluviales, con una marcada concentración durante los meses de verano, en los que la intensidad horaria de los milímetros caídos supera ampliamente los valores promedios.
- Las precipitaciones totales anuales máximas se producen aproximadamente a los 1.300mts. sobre el nivel del mar, decreciendo en altura.
- El pico de precipitación mensual se produce en Diciembre.
- En la cuenca alta, el milimetraje promedio anual supera en un 48% al de cuenca baja, observándose una degradación específica potencial fuerte en la primera y débil en la segunda.
- Las precipitaciones anuales presentan una variación cíclica de períodos húmedos y secos.
- Las lluvias representan la principal fuente de alimentación de los torrentes.

- Los valores de intensidad extrema de ocurrencia periódica, generan exagerados pico de crecida que descargan en la cuenca, baja urbanizada, causando daños y destrozos tanto en la infraestructura como en vidas humanas.
- La lámina anual promedio que escurren en forma directa es netamente superior en la cuenca alta, con un valor de 803mm. frente a los 145mm. de la cuenca baja.
- Este escurrimiento se produce en la cuenca alta desde principios de Noviembre hasta el mes de Junio.
- El escurrimiento directo se ve favorecido por factores naturales de relieve: elevadas pendientes de los cauces tributarios, impermeabilidad del sub-suelo en la alta cuenca, mediana a escasa cobertura vegetal en la cabecera de los cauces, etc.
- Existe una grave situación de inestabilidad de laderas y márgenes originada por severos procesos de erosión laminar y lineal que debe corregirse con carácter de urgente, frente al potencial peligro que representa.
- La pendiente longitudinal del cauce principal en la cuenca alta es excesiva respecto del grado de protección que presenta, requiriendo un control de la misma que tiende a alcanzar el valor de compensación.
- Los cauces principales de las cuencas están direccionalmente controlados por fallamientos de bloques.
- La respuesta hidrológica a las precipitaciones es inmediata, con un bajo valor de Tiempo de concentración. Esta rapidez se acentúa hacia los meses de Febrero, Marzo y Abril en que el subsuelo de la cuenca se encuentra totalmente saturado.

8.- PROPUESTA DE CORRECCION

El proyecto de obras tendientes a prevenir o controlar la erosión, arrastre y deposición de materiales, que ocasionan daños en lugares con poblaciones y cultivos establecidos, requiere de un conocimiento detallado de las causas que originan éstos procesos, y su dimensionamiento, ubicación y construcción debe respetar una norma de rentabilidad en la relación COSTO-BENEFICIO, debiéndose incluir en estos últimos, una cuantificación aproximada de los perjuicios ocasionados a nivel social. Las características de las obras de corrección varían en función del área que serán implantadas y de su comportamiento hidromorfológico.

8.1.- Corrección de torrentes : Con métodos diferentes se trata de llenar los siguientes objetivos :

- a) reducir el volumen de agua y del material sólido.
- b) disminuir la intensidad de los fenómenos torrenciales evitando la concentración de las corrientes de agua y cortando de esa manera, la formación de un "pico" de creciente.

a.- Reducción del volumen de agua

- . aumento de la Evapotranspiración - métodos biológicos
- . retención temporal del agua en superficie, lo que producirá mayor evaporación - Métodos físicos y biológicos.

b.- Reducir la intensidad de las corrientes de agua

- . Retardo de la esorrentia
- . Reducción de la pendiente
- . Aumento de la rugosidad del terreno
- . Desagüe laterales
- . Ampliación del perfil de los canales.

c.- Reducir la carga de material sólido

- . reducir la erosión laminar, en surcos o en cárcavas ya sea mejorando la cobertura vegetal o con medios técnicos.
- . Retener el material sólido en los cauces - endicamientos.
- . retardo del transporte por reducción de la pendiente Escalonamientos.

8.2.- Medidas de corrección de torrentes : Se pueden clasificar según los siguientes criterios : (Gráfico Nº16).

a. Según los medios

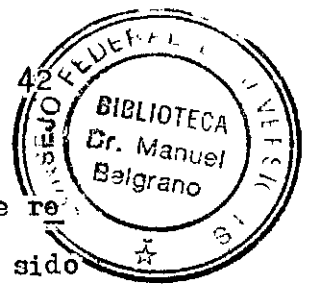
- . medios técnicos.
- . medios biológicos-forestales.

b. Según la parte de la cuenca tratada

- . medidas en la cuenca de recepción - laderas
- . medidas en el canal de transporte-garganta.
- . medidas en el lecho de deyección.
- . medidas en el canal de desagüe.

8.2.1.- Medidas biológico - forestales, Importancia : Todas las medidas de control de torrentes, deben tener una base ecotecnológica; en las cuales las medidas puramente técnicas sirvan de apoyo para restituir los equilibrios ecológicos normales de la región.

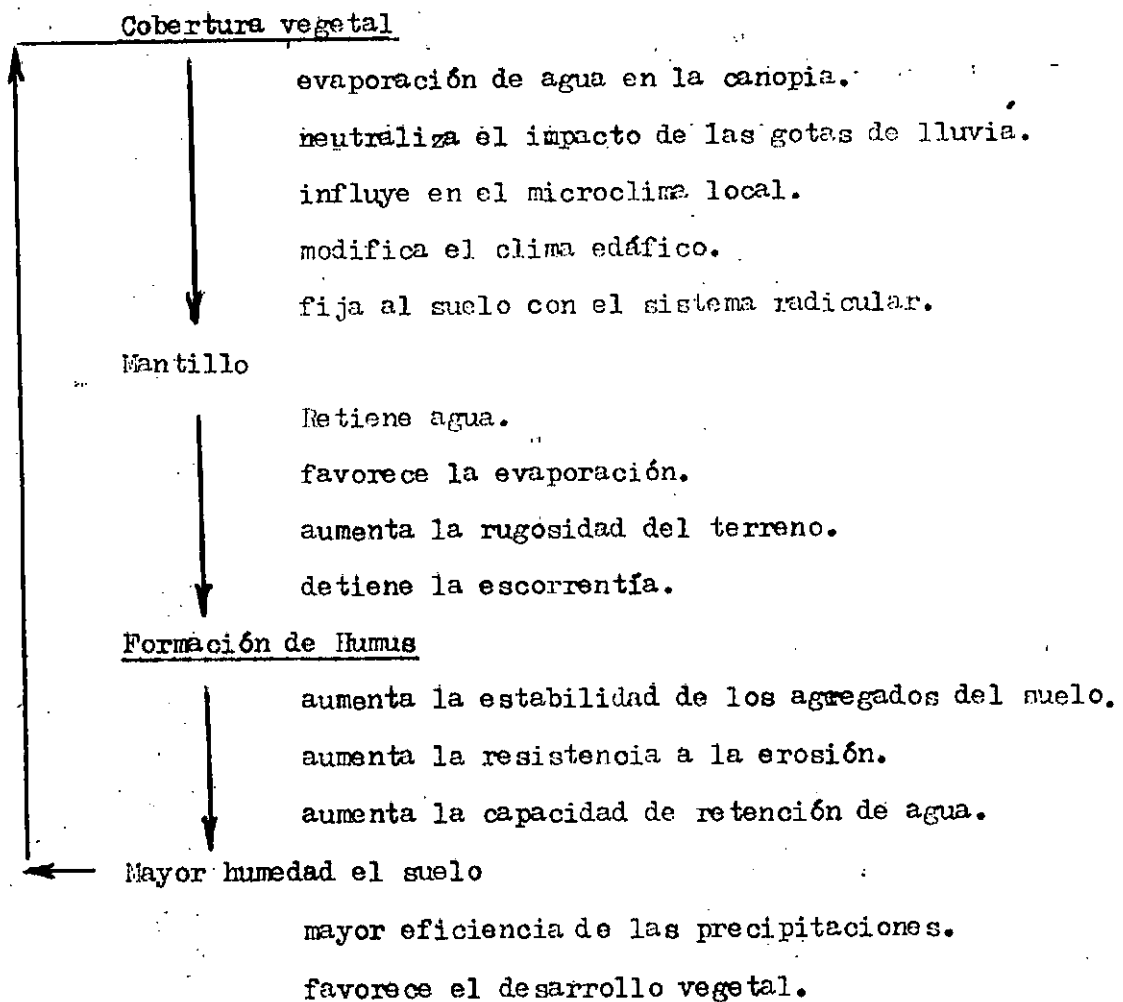
En las condiciones de la Sierras de San Javier, las medidas de corrección deben orientarse fundamentalmente a reconstituir el bosque natural que ha sido degradado por el hombre. Toda la cuenca tiene aptitud forestal ya que a través del conocimiento de los pisos ecológicos, establecidos a diferentes alturas, debe buscarse las especies adecuadas para una rápida recuperación. Las formaciones vegetales que constitu-



yen la cobertura vegetal tienen una gran capacidad de resiliencia o sea de cicatrización cuando el bosque ha sido alterado.

Pero, una recuperación espontánea, por si misma, sería difícil de realizar, dado el estado de alteración del medio. Por ello, es conveniente, recurrir a medidas técnicas para así dar oportunidad a la vegetación a desarrollarse mejor.

Regulación de un sistema natural, a través de mecanismos de retroalimentación establecidos por una cobertura vegetal :



Efectos de la vegetación : Influencia de la cobertura vegetal sobre el régimen hidrológico.

cobertura vegetal	escorrentia en m ³	coeficiente de escorrentia	infiltración en m ³
Bosque	1000	2%	49000
Pradera	2500	5%	47500
Cultivos			
Trigo	12500	25%	37500
Maíz-algodón	25000	50%	25000

Experiencia realizada en EE.UU. con una lluvia de 50cm con parcelas de 100 Has.

Modificación de las precipitaciones por un bosque tropical.

	Mayo	Julio	Agosto	Diciembre	Febrero
Observaciones	a	a	a	a	a
	Julio	Agosto	Diciembre	Febrero	Mayo
Cima de los árboles	130	3,4	35	7	38
Suelo	115	1,4	26	5	32

Fuente: J. Tricart

Influencia del bosque sobre la energía potencial de una tormenta.

a.- Tormenta aire libre

Diámetro de las gotas (en mm.)	Número de gotas	Cantidad en mm ³ /seg	Energía en Kmts./seg.
5	44	2860	100.000
4,5	99	4738	150.000
3,5	99	2229	60.000
3	55	772	21.000
2,5	121	975	20.000
<u>1,5</u>	<u>600</u>	<u>1026</u>	<u>15.000</u>
Total:	1298	12600	366.000

b.- Tormenta bajo un bosque tropical.

3,5	9	222	5900
3	61	842	20000
2,5	600	4872	110560
2	900	4492	64800
1,5	733	1253	15000
<u>1</u>	<u>1000</u>	<u>500</u>	<u>5000</u>
Totales :	3303	12181	121260

Fuente: Tricart J.

8.3.- Obras de corrección en la cuenca de recepción

El bosque subtropical que protege las gargantas, desaparece por arriba de cierta altura, justamente donde se encuentran las pendientes más elevadas y desde donde proviene el aporte de materiales que se desprenden de los macizos rocosos o del suelo y que son movilizados por gravedad o arrastre de agua. Esta cobertura vegetal debe ser reconstruida, empleando especies de rápido crecimiento y poseedoras de un profundo sistema radicular, prefiriéndose las de carácter autóctono.

Según experiencias realizadas, que deben servir como prueba de seguridad de la propuesta presentada, ha sido posible medir en una cuenca erosionada de 217 hectáreas, en las que se plantearon 100.000 árboles (460 unidades por hectáreas, o sea en 5mts. x 4 mts., aproximadamente), que el pico de escurrimiento fué reducido de 3 a 4 veces el registrado anteriormente a la corrección y la esorrentía disminuyó en un 25%.

En la misma región, una reforestación parcial de 4,500Has. en sólo un tercio de la superficie redujo los picos de crecida en un 50% y la deposición de sedimentos en un 90%, al cabo de tres años de iniciado el tratamiento.

En la vertiente oriental de las Sierras, es conveniente el uso de especies nativas, ya que las mismas han dado excelente resultado en los ensayos realizados.

A alturas de 700 a 1000msnm pueden utilizarse las siguientes especies :

- .Cedro tucumáno - *Cedrela lilloi*
- . Lapacho - *Tabebuia avallanedae*
- . Tarco - jacarandá (*mimosifolia*)
- . Laurel del Cerro - *Phoebe porphyria*

En alturas superiores a los 1000 msnm.

Aliso - *Alnus jorullensis*

Pino del Cerro - *Podocarpus parlatorei*

La reforestación debe estar acompañada de acciones complementarias que permitan su desarrollo inicial, y que de no efectivizarse reducirían y anularían el impacto de la misma.

Por un lado debe restringirse o impedirse el acceso de animales a fin de evitar el pisoteo y el sobre-pastoreo.

Por otro lado, y a fin de evitar el proceso de erosión laminar sobre el terreno reforestado y el deslizamiento de los suelos, deben implantarse obras rústicas que se construyen con materiales de la zona, tendiendo a la consolidación de laderas. Entre ellas se proponen las fajinadas, empalizadas y muros de contención en piedra acomodada.

- Fajinadas : Consiste en el prensado de ramas atadas con alambre, en tramos de 9 a 10mts. de largo. Se colocan sobre el terreno en forma escalonada, separadas en función de la pendiente y sujetadas por estacones semienterrados, colocados cada 0,70 y 0,80mts.

Las terrazas que se van formando permiten la implantación de nuevas especies vegetales. (Gráficos Nº 17, 18, 19 y 20).

- Empalizadas : Consiste en colocar estacas en curvas de nivel, distanciadas cada 0,80 a 0,90mts. efectuándose el entrelazamiento de ramas, chapas, alambre tejido, etc.

Muros de contención : Poseen mayor altura y duración que los dos tipos anteriores, acomodándose piedras del lugar en seco, colocándose en forma escalonada, con las de mayor peso en la parte superior. A fin de detener el desarrollo de cárcavas existentes, se propone la construcción de endicamiento transversales ejecutados con tierra, ramas, troncos y piedras acomodadas, ya sea embolsadas con alambre o no, en función de la magnitud del cauce desarrollado.

Diques en piedra : Alcanzan una altura máxima de 2,50mts. y se debe proteger al pie del mismo con piedras acomodadas sujetas con estacones, que

eviten el vuelco del paredón por la turbulencia del chorro de agua en caída.

Estas obras deben ser ancladas en el terreno mediante estribos y contar con un vertedero en la cresta que encauce las aguas hacia la ladera más resistente. (Gráficos N° 21 y 22).

Es importante la apertura de orificios en el muro que permitan el paso del agua y retengan el sólido, lo que disminuirá la fuerza hidráulica de volcamiento.

Empalizadas : Forman diques transversales y se construyen con: clavando estacas separadas no más de 0.1mts. una de otra. Entre éstas se sujetan ramas y estacas más finas entrelazadas. Para mayor estabilidad de la obra, las estacas mayores van sujetas hacia aguas arriba con alambres que se entierran en las márgenes del cauce. (Gráficos N° 23 y 24).

8.4.- Obras de corrección en la garganta :

Para evitar la erosión de éste tramo del torrente se propone la construcción de una serie de diques transversales dispuestos de manera que la pendiente entre ellos alcance el valor de la "pendiente de compensación", denominada así, por que de mantenerse la velocidad, a la disposición de algún material le corresponderá la incorporación de otro equivalente a la corriente de agua, de manera que la proporción de acarreo se mantendrá constante. (Gráficos N° 25, 26, 27, 28).

Con ésta "escalera" que se crearía, de cortos tramos con pendientes de compensación, convertimos un curso desequilibrado en la suma de pequeños tramos en equilibrio. El cálculo de la pendiente de compensación es compleja y depende de numerosas variables interdependientes, como el caudal líquido, caudal sólido de transporte, colúmen medio de las partículas, etc., y es estimado para nuestra zona serrana en un 7%. Con éste valor se deberá calcular el Espaciamiento entre diques y la cantidad a

a construir en determinado tramo, mediante la siguiente ecuación :

$$l = \frac{H}{(J - j)}$$

donde :

l = Espaciamiento entre diques (mts.)

H = Altura de los diques (m) : menor a 2,50mts.

J = Pendiente natural: Río Las Piedras 12%.

j = Pendiente de compensación estimada en 7%.

La realización del proyecto puede inclusive dividirse en dos etapas, a fin de hacerlo menos oneroso, espaciando los diques a dos veces la distancia l calculada, para luego intercalar los restantes en otra etapa posterior y a su vez se comprueban los resultados que producen.

Es importante tener en cuenta que la corrección del torrente debe comenzar siempre desde aguas arriba, e irse construyendo obras o implementando acciones hacia aguas abajo.

Estos diques deben estar muy bien calculados por su costo y por el daño que puedan causar aguas abajo. Las variables principales a tener en cuenta en su cálculo son :

- . Caudal pico de crecida: calculado en 145,8 mts³/seg. para una recurrencia de 10 años, a una altitud de 700mts., sobre el nivel del mar.
- . Fuerza de Empuje de agua y sólidos.
- . Subpresión.
- . Succión de la lámina vertiente.
- . Fuerza de choque de cuerpos flotantes.
- . Material del lecho de fundación.
- . Peso de la obra a construir.
- . Otras variables de menor importancia.

Es de mayor importancia en éste tipo de obras no descuidar la Inspección, Reparación y Conservación de las mismas, debiendo realizarse periódicamente o después de eventos climáticos extremos.

Para el área en estudio se recomiendan obras que requieren materiales y mano de obra local, que sean efectivas y económicas. Existen básicamente dos tipos de diques transversales :

- Diques de retención: su función es retener materiales, elevando la altura del lecho tendiendo a la pendiente de compensación y se construye en ensanchamientos de la garganta.
- Diques de consolidación: Consolida el lecho y las laderas evitando su erosión y formando cuñas con sus aterrazamientos que se oponen al deslizamiento de laderas. (Ver Gráfico N° 29).

De éstos últimos se recomiendan los siguientes tipos :

- a) Diques en gaviones.
- b) Diques de escollera o de mampostería en seco.

Cada uno de ellos posee una metodología de calculo y presentan diversas disposiciones especiales, de las cuales se indicarán sólo algunas de ella.

a) - Dique en gaviones :

Presentan características de economía, sencillez y eficiencia convirtiéndose en una herramienta interesante para la corrección fluvial y torrencial, estabilización de taludes y vertientes.

Consiste en el ambolsado de piedras acomodadas con alambre tejido, presentando gran capacidad de acomodamiento, frente a asentamientos, sin perder solidez.

También se construyen en forma de "cajas", con dimensiones normalizadas desde 01mts. x 01mts, x 02mts. de largo, hasta 01mts. x 05mts. (Gráficos N° 30, 31, 32).

En el cálculo de éstas obras cuya vida útil dependerá de la

calidad de los materiales con que se las construye, se indican valores límite aconsejables, como que su altura no debe superar los 04 mts. y la lámina de agua vertiente debe oscilar entre 0,35 y 0,80 mts.

b) - Diques de escollera :

Tiene sección trapezoidal y está conformando por piedras acomodadas de gran tamaño, Debe tenerse mucho cuidado con el espesor del coronamiento, el cual no puede ser inferior a la sexta parte de la altura del dique, si la altura máxima es de 04 mts., el espesor mínimo deberá ser de 0,70 mts.

Deberá poseer un vertedero de demasía muy bien calculado, a fin de evitar el desbordamiento por encima del endicamiento.

8.5.- Obra de corrección en el lecho de deyección :

Las obras de corrección ejecutadas en la garganta disminuyen la carga sólida transportada por el agua que arriba ^{al lecho} de deyección, por lo que incrementa su poder erosivo, tendiendo a formar un nuevo lecho profundizándolo y encajonándose. El material que se deposita aguas abajo puede provocar inconvenientes de invasión de tierras productivas, inundación de poblaciones, etc. al elevar el nivel de fondo del cauce.

Para ello deberá realizarse, cuando la situación lo indique, canalización y encausamiento del curso de agua, reforzándose las márgenes con el material extraído del fondo o con espigones laterales de defensa. Estas obras requieren del concurso de máquinas pesadas para el movimiento de tierra, mientras que las obras de defensa pueden ser construídas con materiales

rústicos (palos a pique rieles de ferrocarril, alambre, etc.) o en gaviones, en función de los caudales aportados por el cauce. Debe evitarse en éste tramo del torrente, la construcción de obras de cruce que obstruyen el libre paso del agua, estrangulando la sección, e incrementando la deposición de materiales.

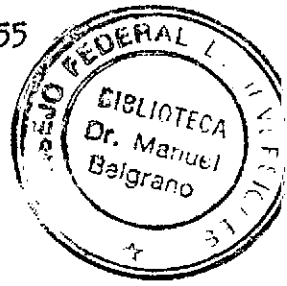
BIBLIOGRAFIA

- 1.- Agua y Energía - 1987.- Estadísticas Hidrológicas - Sedimentología y nivología - Recursos Hídricos - Buenos Aires.
- 2.- Ayres Q, - 1960 - La erosión del suelo - Omega.
- 3.- Bennett H. - 1939 - Soil Conservation - Mc Graw Hill.
- 4.- Bonino M. 1984 - Geomorfología de la Sierra de San Javier - Tesis Facultad de Filosofía y Letras - Universidad Nacional de Tucumán.
- 5.- Ciancaglini N. 1980 - Corrección de torrentes mediante obras civiles y tratamiento de la vegetación - INCYTH - Mendoza.
- 6.- Fournier F. - 1960 - Climat et erosion - Presses universitaires.
- 7.- García Najeras J. - 1962 - Principios de Hidráulica torrencial Instituto forestal - Madrid.
- 8.- Guido E. y Sayago J. - 1987 - Hidrogeomorfología de la Cuenca del Río Tipas - Iras. Jornadas de Zonas Áridas y Semi-Áridas - Santiago del Estero.
- 9.- Hattinger H. - 1980 - Algunos Aspectos de la Corrección de Torrentes - CIDIAT - Venezuela.
- 10.- Hueck K. - 1953 - Ambiente Natural y Ambiente Expoliado en la Provincia de Tucumán - Bonn - Alemania.
- 11.- INDERENA - 1971 - Obras en gaviones - Colombia.
- 12.- Lando M. - 1980 - La protezione, un costante impegno contro mille insidie - Quaderni de il Trentino N°48-49. Italia.
- 13.- Moreno J.P. - 1985 - Reconocimiento geomórfico - Hidrología de la Cuenca del Río Las Piedras - Fundación Miguel Lillo.

- 14.- Moreno J.P. - 1986 - Erosión Hídrica en la Sub-cuenca Arroyo La Hostería - Tafi Viejo.
- 15.- Moreno J.P. - 1986 - Erosión Hídrica en la Sub-cuenca del Arroyo El Tala - Tafi Viejo.
- 16.- Moreno J.P. - 1983 - Geomorfología e Hidrología de la vertiente Oriental de la Sierra de San Javier : Sub-cuencas Arroyo Las Viboras y El Cedro - Taffa Viejo.
- 17.- Moreno J.P. - 1986 - Un Problema de Geología Aplicada: las inundaciones y la Erosión Hídrica en Taffa Viejo. Miscelánea N°50 - Fundación Miguel Lillo.
- 18.- Mon R. y Suayter L. - 1980 - Geología de las Sierras de San Javier - Acta Geología Lilloana - 12 -:155 - Tucumán.
- 19.- Minetti J. - 1978 - Balance Hidrológico de la Cuenca y Sub-cuenca del Río Salí - E.E.A.O.C. - Tucumán.
- 20.- Manual de Conservación de Suelos - Publicación TC 243 - U.S.A.
- 21.- Perera J., Gómez J., Halloy R., Graieb O. Ceballos R. - 1980 - Estimación de las precipitaciones de gran volumen referida al área agroforestal de la provincia de Tucumán - Inédito.
- 22.- Papetti Villada L. - 1978 - Geología, Geomorfología e Hidrología de la Cuenca, Cuzco - Las Piedras - Seminario - Facultad Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán.
- 23.- Rojas R. - 1983 - Hidrología de Tierras Agrícolas - CIDIAT - Venezuela.
- 24.- Suárez de Castro F. - 1956 - Conservación de Suelos - Salvat.
- 25.- Torres B. E. - 1975 - Las Heladas en la provincia de Tucumán. Pub. miscelanea N°58 - E.E.O.C. - Tucumán
- 26.- Torres B. T. - 1978 - Mesoclimas de la provincia de Tucumán - Revista Agron. del N.O.A. - IX (3-4) - Universi-

dad de Tucumán.

- 27.- Tricart J. - 1981 - Précis de geomorphologie - Sedes.
- 28.- Tricart J. - Geomorphologie applicable - Presses Univ.
- 29.- Wurschmidt E. - 1967 - El clima de la parte media de la Sierra de San Javier - Humanitas año XIV N° 20 - Universidad Nacional de Tucumán.
- 30.- Zuccardi R. y Fadda G. - 1986 - Regiones Agrológicas de la Prov. de Tucumán - Public. Miscel. N° 86 - Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán.



Bosque natural - Selva Subtropical del Laurel
500 - 1000 msnm.

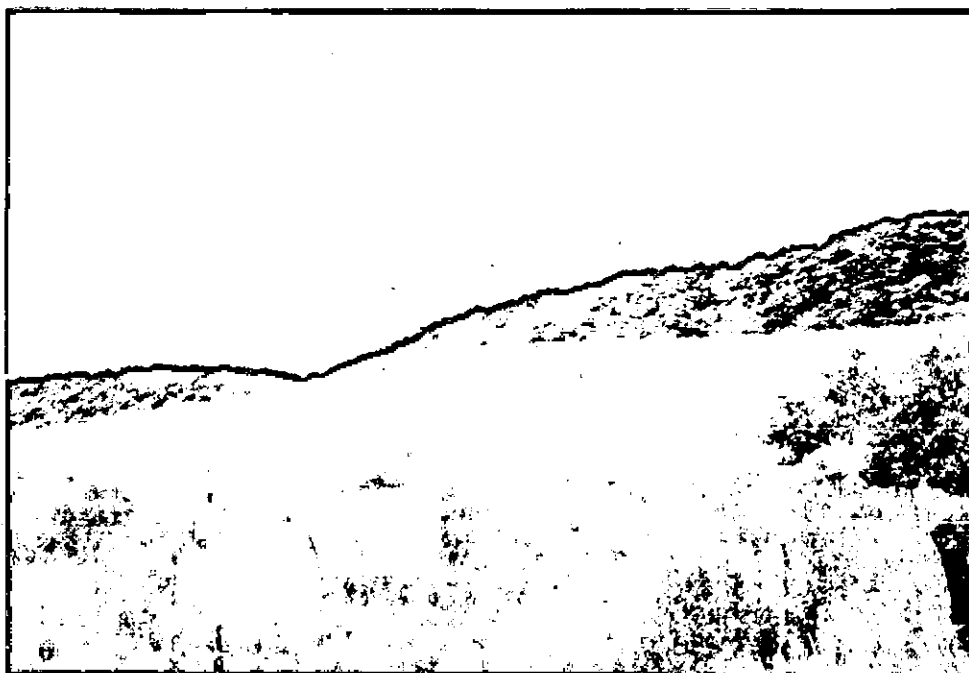


Prados de Altura - 1300 msnm.
con deslizamiento de laderas.

Alteraciones antropogénicas



Cultivos en pendientes excesivas.



Cultivo sin tecnologías apropiadas.



Sedimentos en una finca citrícola



aludes de
"roca podrida"



Destrucción de calles



Defensas a las propiedades.



Población forestal en las cumbres
con Pino elliotii



Estabilización de los cauces
con Caña bambú

Escaloramientos
Estabilización de la garganta



Con troncos y ramas - Arroyo Cochuchal
(En mal estado de conservación)



Con gaviones



con gaviones



Con muro de rocas