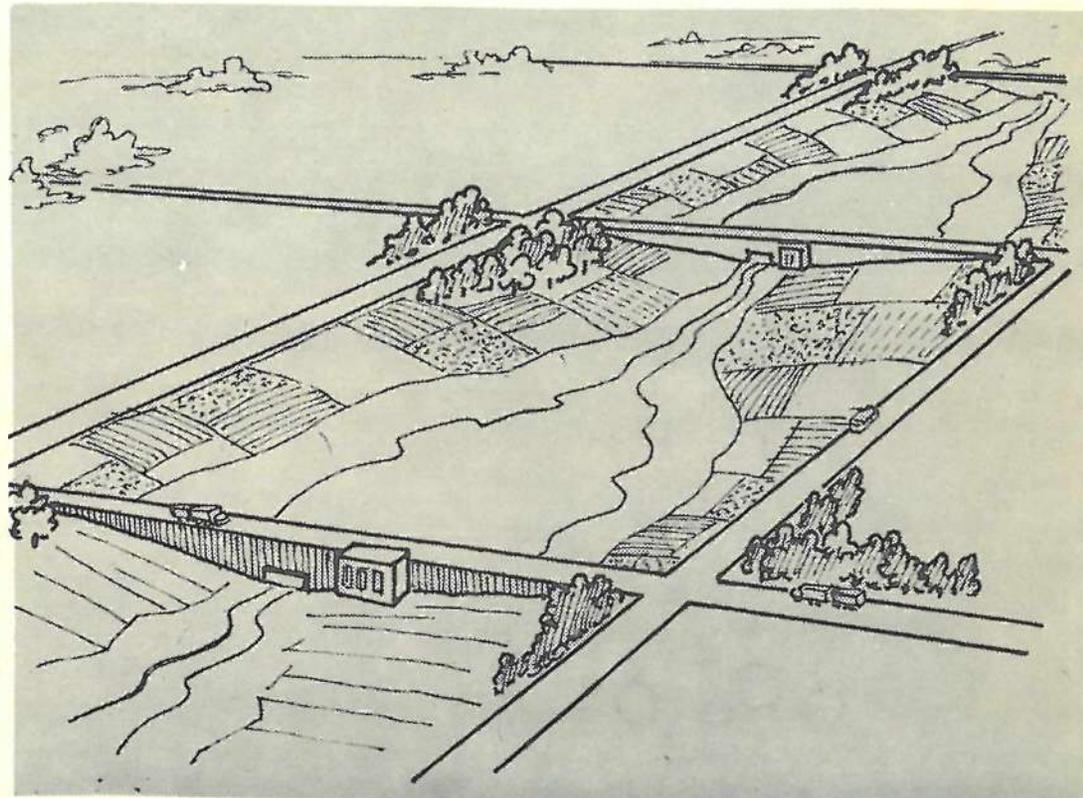


ISSN - 0325 - 973

LA GEOMORFOLOGIA COMO BASE PARA LOS ESTUDIOS DE PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN EL NORDESTE ARGENTINO

Por Ing. ELISEO POPOLIZIO



TOMO 16 - No. 3

CENTRO DE
GEOCIENCIAS
APLICADAS

SERIE "C"

INVESTIGACION
AÑO 1981

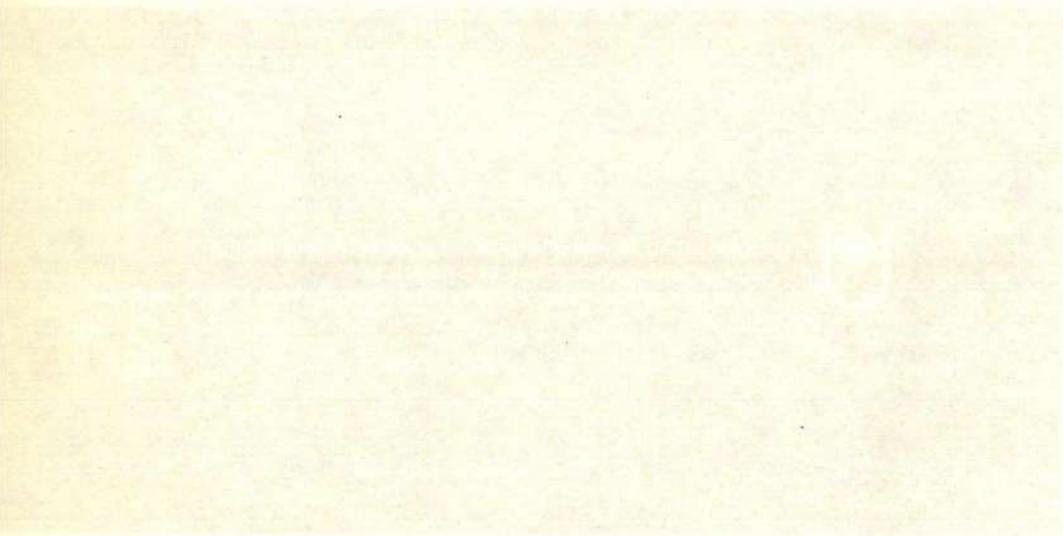
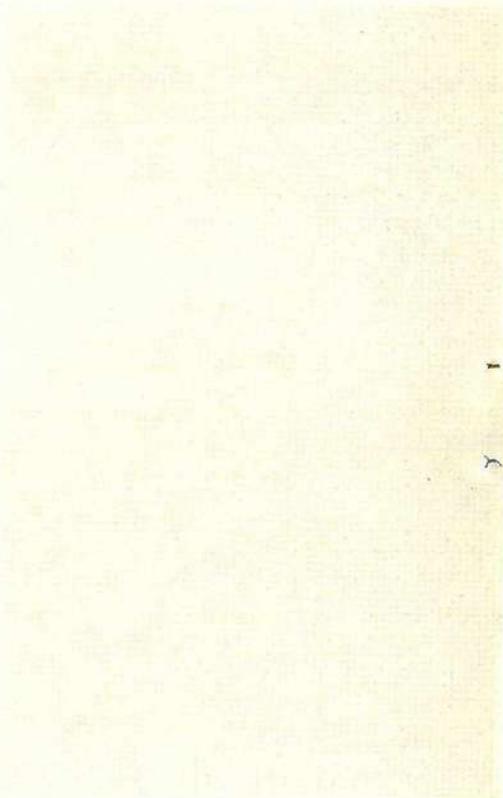


FACULTAD DE HUMANIDADES. FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
LAS HERAS 727 - 3500 - RESISTENCIA - CHACO - REP. ARGENTINA - 1981

1950

LA GEOMORPHIC OF A TROPICAL BARE BARA FOR STUDIES
OF PLANT GROWTH AND THE EFFECTS OF HURRICANES
ON THE SOIL AND VEGETATION

THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN



LA GEOMORFOLOGIA COMO BASE PARA LOS ESTUDIOS DE PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN EL NORDESTE ARGENTINO*

por Eliseo Popolizio*

*Presentado al 26o Congreso Internacional de Geología - Sección 15 - Tema 13 - París, 7 al 17 de julio de 1980.-

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1950

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

RESUMEN:

La baja amplitud del relieve en zonas llanas constituye uno de los principales problemas para el manejo de los recursos hídricos. En este trabajo se ejemplifica la importancia de los estudios de geomorfología para delimitar las cuencas, caracterizar los tipos de escurrimiento, y el comportamiento de los sistemas hídricos, y a fin de proponer técnicas y estrategias de manejo integral de los mismos.

1) Se caracterizan los elementos geomorfológicos condicionantes del escurrimiento en diferentes sectores del NEA.

2) Se plantean los principios de manejo a nivel de sistemas y subsistemas.

3) Se ejemplifica los resultados obtenidos y los programas de desarrollo de cuencas que se están llevando a cabo en el Nordeste Argentino.

ABSTRACT: GEOMORPHOLOGY AS A BASE FOR THE PLANNING STUDIES OF THE HYDRIC RESOURCES IN ARGENTINE NORTHEAST.

The low amplitud of the relief in plain areas is one of the main problems for managing the hydric resources.

In this work it is exemplified the importance of the geomorphology studies to delimit the basins, characterize the sort of runoff, and the behaviour of the hydric systems, in order to propose technics and strategies to manage them integrally.

1) The geomorphological elements that condition the runoffs in different sectors of Argentine Northeast are characterized here.

2) The principles of managing at system and subsystem levels are raised.

3) The programmes of the basin developments wich are applying in Argentine northeast and the results already got are exemplified.

LA GEOMORFOLOGIA COMO BASE PARA LOS ESTUDIOS DE PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN EL NORDESTE ARGENTINO.

POPOLIZIO, Eliseo - Universidad Nacional del Nordeste - Corrientes, Argentina.

1 - INTRODUCCION

Este trabajo resume los estudios realizados durante muchos años en el Centro de Geociencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Nordeste y otros surgidos como consecuencia de la singular importancia que presenta el Nordeste Argentino por sus recursos naturales en agua, suelos y vegetación.

Cuando hablamos de nordeste no limitamos los estudios al espacio geográfico estricto constituido por las provincias de Chaco, Corrientes, Formosa y Misiones. En primer lugar porque Misiones en casi su totalidad es una meseta sub-estructural, mientras que todo el resto es una llanura, es una planicie. En segundo lugar, porque el límite oeste de Formosa y Chaco y el sur de esta última no constituyen límites morfológicos ya que el relieve se continúa hacia el oeste y el sur sin solución de continuidad.

En la fig. 1 se indica el área para la cual se hacen extensivas las consideraciones de este trabajo.

En todo este enorme espacio no existen formas del relieve que interfieran en el movimiento de las masas de aire, provenientes del sur como del norte, las cuales pueden desplazarse sin problemas generando frentes que barren todo el territorio.

A nivel de valores medios anuales se pueden diferenciar dos gradientes climáticos, uno consecuencia de la latitud (de sentido sur) y otro de la continentalidad (que aumenta de este a oeste) Figs. 3, 4 y 5.

Como consecuencia de lo expuesto, la cobertura vegetal presenta una extrema variedad, desde la selva subtropical a las grandes praderas por el sur, y el monte xerofítico y la estepa desértica por el oeste (fig. 2).

Los valores medios anuales no reflejan la gran variabilidad de tipos de tiempo que se suceden a lo largo del año, como consecuencia del desplazamiento de las masas de aire.

Este aspecto es el principal elemento a destacar para las consideraciones de este trabajo. En efecto, toda el área está condicionada a una alternancia de condiciones de alta pluviosidad con otras de montos muy bajos, lo que se acentúa hacia el oeste. Por otra parte, los años húmedos pueden diferir muchísimo de los años secos y esto se acentúa si consideramos montos estacionales o mensuales.

Resumiendo, podemos decir que el sub-sistema climático es oscilante, tanto en el año medio como a lo largo de los años y como consecuencia de ello los problemas de las inundaciones y las sequías constituyen el principal problema de manejo del escurrimiento superficial e incluso subterráneo.

2- LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS

Lo expuesto anteriormente permite llegar a utilizar tres conceptos básicos para morfometría: amplitud del relieve, energía del relieve y amplitud de la energía del relieve (fig. 6)

Es difícil, para quienes no viven en la llanura, imaginar el aspecto de gigantesco plano que presenta esta

área, cuya monotonía topográfica aparente oculta una tremenda variedad de formas y paleoformas.

Es por ello, que para interpretar los rasgos de la llanura es necesario imaginar una deformación de la escala vertical del orden de las 100 veces con relación a la horizontal.

Esta óptica cambia totalmente la imagen inicial de plano y también los métodos de análisis de las formas del relieve y del escurrimiento. En efecto, dicha deformación implica, entre otras cosas, que desniveles que en montaña no se considerarían, resultan tan importantes como para desviar el escurrimiento, cambiar las redes y modificar la cubierta vegetal.

También las obras del hombre se vuelven tremendamente significativas. Por ejemplo, un desnivel de 1m. generado por una ruta sería el equivalente, en montaña o una pequeña sierra, de 100 m. de altura. Un surco de erosión de solo 30 cm. sería comparable a un valle de 30 m. de profundidad.

Lo dicho también implica que la acción de la vegetación entra a jugar un papel determinante en el escurrimiento, así como ciertas morfologías biogenéticas, como los tacurúes (montículos construídos como nido por los termitas) que originan un microrelieve de alta energía, comparable a un campo de colinas de 50 m. de altura.

Está demás decir que las microformas antrópicas originadas por el arado o roturación de la tierra tienen una capacidad geomórfica inimaginable en zonas montañosas.

El problema se complica aún más por las bajas pendientes (del orden de 1 a 2 o/ooo, uno a dos por diez mil) que explican porqué un terraplén de 1 m. puede generar un endicamiento hídrico que se extiende 10 km. aguas arriba.

No sería necesario mencionar la extrema dificultad que presenta el escurrimiento en áreas con pendientes tan bajas, sumado al efecto disipador de energía originado por la vegetación de gramíneas que predominan en vastísimas extensiones.

Finalmente debemos decir que las condiciones mencionadas, sumadas a una ineficiente red fluvial, tienen a generar gigantescos espejos de agua que se desplazan con extrema lentitud, pero que los altos valores de evaporación se encargan de consumir al no existir reservorios profundos. Todo ello hace que la ausencia prolongada de lluvias cree problemas de sequías del mismo orden de magnitud que las inundaciones, llegando a verdaderas catástrofes en algunos años.

3 - LOS SISTEMAS DE ESCURRIMIENTO

Desde que comenzamos a estudiar la zona, comprendimos que se hacía necesaria una tipificación y caracterización de los sistemas de escurrimiento, ya que muchos de los criterios convencionales no podían aplicarse en estas áreas, desde el desplazamiento de las aguas hasta el origen y evolución de las redes fluviales. Como resultado de ello surgieron varios trabajos vinculados a este tema.

Es uno de ellos hemos intentado una clasificación de los sistemas y subsistemas de escurrimiento que pudiera adaptarse a estas zonas. En primer lugar, distinguimos una absoluta diferencia entre un sistema laminar y otro fluvial, ya que en el primer lugar las aguas tienen tendencia a moverse areolarmente sin entallamiento longitudinal definido, mientras que en otro el valle o depresión predominantemente lineal está perfectamente entallado, permitiendo diferenciar con mucha claridad los "fluvios" de los "interfluvios" (Fig. 7)

Evidentemente entre estos extremos existe un sistema, de transición de uno a otro, que por las características topográficas y bioclimáticas del espacio analizado es dominante.

Cada uno de estos sistemas comprende subsistemas diferentes, que en conjunto pueden formar una serie que permite definir algunos tipos de tendencias evolutivas del escurrimiento hacia la dinámica fluvial más efectiva, de acuerdo al sistema de modelado en que se encuentre cada área considerada.

Todo parece indicar un aumento progresivo de la energía geomórfica gastada, que alcanza su máximo en el sistema transicional y el mínimo en ambos extremos. Lo dicho nos indica que todos los transicionales representan un desequilibrio, al cual se opone la naturaleza que tiende siempre al mínimo gasto energético.

4 - LA IMPORTANCIA DE LAS REDES DE ESCURRIMIENTO

En la llanura, donde las condiciones topográficas imperantes son las que mencionábamos en el punto 2, se hace extremadamente difícil detectar las grandes unidades geomorfológicas, ya que los desniveles y pendientes muy bajos impiden que aparezcan contrastes visuales apreciables. Es por ello que en estas áreas los métodos sensoriales remotos se convierten en uno de los instrumentos más aptos, ya que por su carácter de sintéticos permiten detectar los factores de cohesión interna que sirven para compartimentar el área en estudio.

Las fotos aéreas y en general todos los sensores remotos generan una información que es o se puede convertir en imagen, y el análisis de esas imágenes requiere esencialmente el conocimiento de modelos (patterns), de los cuales los de redes son los más significativos, ya que de una u otra manera reflejan el comportamiento y estado del sistema geomórfico.

Para encarar los estudios de la llanura, tropezamos con el mismo problema de tipificación que mencionamos para los sistemas de escurrimiento, especialmente por la gran cantidad de términos con los cuales se designa a las redes y no permiten su comparación.

Por lo expuesto, en un trabajo anterior nos dedicamos a sistematizar esa clasificación a fin de encontrar el modo de que partiendo de modelos simples, a través de la combinación de ellos, se formen modelos complejos. (figs. 8, 9 y 10).

Lo anterior permitió además poder designar a los modelos de redes con símbolos comparables, para lo cual se tuvo inicialmente en cuenta: 1) que una red puede ser integrada o desintegrada (RI ó RD); 2) que puede presentar un modelo elemental (indicado con letras colocadas como subíndices (ej. RI d: red integrada dendrítica) o compuesta (ej. RI d, p: red integrada dendrítica pinada) y que puede ser convergente o divergente (indicada con los signos + ó - colocados como exponentes (ej. RI d+ - red integrada dendrítica convergente y RI d- -red integrada dendrítica divergente).

La Fig. 8 muestra las 14 redes que se consideran modelos elementales y la Fig. 9 una matriz de combinación binaria que da lugar a modelos compuestos. Obsérvese que la matriz es totalmente llena pues los elementos simétricos no son iguales ni representan el mismo modelo (Ej. RI d, o, d).

Evidentemente esta forma de trabajar es abierta porque permite incluir nuevos modelos que se consideren elementales y combinarlos de a tres, de a cuatro, etc.

5 - LOS FACTORES GEOMORFOLÓGICOS CONDICIONANTES

1 -Morfométricos

La baja amplitud del relieve, que se traduce en bajísimas pendientes, es uno de los principales factores a tener en cuenta en el planeamiento de estas áreas. En efecto, con la cartografía existente (salvo el sector oriental, al este del Iberá) es prácticamente imposible determinar los límites de cuencas, por lo cual el uso de los métodos sensoriales remotos se hizo imprescindible.

Por otra parte, las divisorias de aguas son poco definidas y en periodos de excesos de precipitación se originan fenómenos de transfluencias de aguas de una cuenca hacia otra, en función de los niveles relativos que alcanzan en cada una. Podríamos decir que en dichos casos, las obras viales deberían diseñarse como elementos que permitan crear divisorias artificiales ya que de lo contrario el balance hídrico de cada cuenca se vuelve aleatorio o difícil de calcular.

Las bajas pendientes también condicionan fuertemente la velocidad del escurrimiento e impiden la organización de redes eficientes, lo que conduce el predominio de los escurrimientos laminares o transicionales.

2 -Litoestructurales

Si bien es cierto que la cobertura superficial del paisaje es predominantemente moderna, el sector este permite el afloramiento de rocas secundarias (areniscas y basaltos). En general los sedimentos del Terciario Superior y el Cuaternario caracterizan el espacio y predominan las estructuras tabuliformes o ligeramente cuestiformes, labradas sobre sedimentos poco consolidados formados por arenas, arcillas y limos o sus mezclas. Esta característica de lugar a una gran susceptibilidad frente a los procesos de erosión hídrica y eólica y también pseudokársticos, estos últimos favorecidos por la intercalación o dispersión de elementos solubles en los sedimentos.

En cuanto a la tectónica los efectos del basamento parecen ser mucho mayores de lo que se pensaba inicialmente, a pesar de la potente capa de sedimentos de la cobertura.

Los movimientos de fondo se han traducido en ligeras variaciones topográficas, en forma de dorsos o cubetas, que como consecuencia de la baja amplitud del relieve influyen sensiblemente en el escurrimiento, endicando las aguas, desviando las redes de escurrimiento y condicionando claramente los tipos de redes.

Al oeste de la depresión Iberana el condicionamiento litoestructural es muy fuerte como consecuencia de la presencia de rocas resistentes, (areniscas y basaltos del Mesozoico), y por otra parte, a causa de la mayor amplitud sectorial del relieve.

Los procesos pseudokársticos son generalizados en todo el resto de la llanura y si bien aún no se conoce exactamente su funcionamiento, ha dado lugar a formas típicas como lagunas circulares o polilobuladas, y a redes fantasmas que en muchos casos no se correlacionan con las de superficie.

Por otra parte, las redes fluviales parecen iniciarse en la llanura como consecuencia de estos procesos y no por un simple fenómeno de erosión regresiva, como ya lo expusimos en un trabajo anterior. (21)

3 -Paleoclimáticos

Las oscilaciones climáticas (desde el Terciario In-

ferior y especialmente durante el Cuaternario han sido las causas dominantes en la génesis de las formas actuales, a tal punto que la gran mayoría de ellas son heredadas de condiciones morfogénicas totalmente diferentes.

La alternancia de períodos biostáticos mas "secos" y mas "húmedos" que los actuales y las transiciones resistísticas que los acompañaron han influido en forma decisiva en la génesis y evolución de las redes y los sistemas de escurrimiento, los que no están en total equilibrio con los sistemas morfoclimáticos imperantes en la actualidad.

4 -Bioclimáticos

En este punto debemos destacar nuevamente lo dicho al comienzo sobre el ritmo estacional, e incluso en períodos mas cortos y mas largos, lo que se traduce en la existencia de un sistema pulsátil en el tiempo y el espacio, que da lugar a sequías e inundaciones.

Como resultado de ello el sistema biótico se ha adaptado parcialmente, ocasionando la predominancia de fisonomías vegetales transicionales (o de interfase), es decir, aquellas adaptadas a una pulsación del espacio de condiciones subáreas a subacuáticas. A medida que se avanza hacia el oeste, con el aumento de la aridez también aparecen fisonomías adaptadas al ritmo pulsátil del fuego, como sabanas pirógenas.

La acción de vegetación sobre el escurrimiento es fundamental en estas áreas, ya que actúa como disipador de energía frenando el escurrimiento y alterando los montos de evapotranspiración en función de su propia pulsación.

Debido a la baja amplitud, muchos elementos bióticos alcanzan a comportarse como verdaderos agentes geomórficos.

5 -Antrópicos

Por todo lo expuesto, estas áreas son extremadamente susceptibles a la acción antrópica y por ello, a pesar de la escasa población, la presión del hombre sobre los sistemas naturales es tremenda.

Las vías de comunicación interfieren y modifican profundamente el escurrimiento, en algunos casos con resultados catastróficos, los cuales aceleran rápidamente los fenómenos de erosión e igual cosa ocurre con el arado y con la tala de la vegetación natural, a lo que se suma la frecuencia del uso del fuego para quemar los campos.

Es evidente por todo lo expuesto, que se puede resumir diciendo que los sistemas naturales están armados para responder a un ritmo pulsátil muy complejo, es decir que constituyen sistemas de alta variabilidad espacio temporal y las obras del hombre en general son de baja o nula variabilidad, lo que implica la urgente necesidad de un replanteo total de los esquemas de manejo.

6 - LOS PRINCIPIOS DEL MANEJO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Todo lo expuesto anteriormente nos ha llevado a comprender la necesidad de establecer una serie de principios de manejo, resultado del análisis detallado de la Geomorfofisiología hídrica y de las actividades que se desarrollan en la zona, incluyendo las grandes obras hidroeléctricas que se instalarán en ella antes de fin de siglo.

Dichos principios son los siguientes:

- 1) El agua es el principal recurso natural.
- 2) El agua superficial y subterránea constituyen una unidad de análisis.
- 3) Los recursos hídricos se integran en el sistema biosférico.
- 4) El sistema hidrológico es un excelente indicador del comportamiento del ambiente.

5) El agua es el medio vehiculizador de agentes y vectores patógenos.

6) La pendiente es un recurso natural distinto del agua y del suelo.

7) La integración de los sistemas de manejo aumenta la eficiencia del control y de la producción.

8) El escurrimiento superficial actúa esencialmente como agente geomórfico de transporte.

7 - LOS GRANDES SUBSISTEMAS DE ESCURRIMIENTO Y LAS PAUTAS PARA SU MANEJO

Luego de muchos años de estudiar el área, se ha logrado elaborar un cuadro general de los subsistemas de escurrimiento para el área, los cuales se indican en la Fig. 11. Las propuestas de manejo para cada uno, así como las características geomorfofisiológicas de escurrimiento, fueron desarrolladas en numerosos trabajos del autor y colaboradores.

De uno de ellos hemos extraído algunos conceptos fundamentales que pasaremos a desarrollar.

7.1. Los objetivos

Para establecer las pautas básicas creemos conveniente considerar primeramente los objetivos:

1) Retener todo el agua posible:

Habíamos dicho al comienzo, que el agua era el mas importante de los recursos naturales, y en un sistema exorrico, toda agua que no es retirada terminará salinizándose en el mar, perdiéndose la gran riqueza potencial que significa el agua dulce.

Indudablemente no existe la posibilidad de retener toda el agua, porque no existe capacidad de vasos y porque otras finalidades de uso (como ser la navegación o la energía) requieren que un cierto volumen de agua marche indefectiblemente hacia el mar.

Sin embargo es factible retener un volumen muy apreciable mediante los grandes cierres ya previstos, la multiplicación de pequeños cerramientos escalonados, la recarga de acuíferos y el reciclaje mediante retrobombeo. Lamentablemente, salvo la primera de las alternativas, las otras hasta el momento apenas si han sido estudiadas, pero todo planeamiento del recurso deberá considerarlas indefectiblemente.

2) Manejo de los excedentes:

Evidentemente, los desastres originados en el área por las inundaciones ha hecho que los generados por las sequías pierdan relativamente importancia, sin embargo, estos últimos son tanto o mas significativos que los primeros, y en muchos casos mas frecuentes. De allí que, teniendo en cuenta el objetivo anterior, debe estudiarse la manera de disminuir al mínimo los excedentes.

El manejo de los mismos deberá hacerse mediante canalizaciones hacia los colectores principales, pero debería estudiarse la posibilidad de retrobombeo o de recarga de acuíferos, que podría constituir factores de disminución de excedentes al igual que los pequeños embases.

3) Los homeóstatos de regulación:

Las condiciones naturales que imperan en el área, con una cierta excepción de Misiones, dan lugar a pérdidas por grandes inundaciones y otros por grandes sequías que incluso pueden alternarse en un mismo año, es decir, que se presentan con gran variabilidad en el espacio y en el tiempo.

Por consiguiente, el manejo deberá basarse en un sistema del mismo orden de variabilidad, es decir que dis ponga de homeóstatos capaces de regular la irregularidad

natural. Dicho de otra manera, que un sistema constituido únicamente por embalses, o únicamente por canales no lograría regular el escurrimiento.

Será necesario un sistema que podría denominarse "dique-canal" que debería desarrollarse en toda el área y en todos los niveles. Esto permitiría aumentar el volumen al máximo y la capacidad de vasos donde pueda almacenarse el agua para los períodos de sequía y para regular el escurrimiento durante las inundaciones. Por otra parte el sistema de canales permitiría la evacuación rápida de excedentes durante las grandes inundaciones, en tanto que un sistema de retrobombeo, aprovechando el sistema de canales y embalses haría posible elevar el agua contra-pendiente y mantener los embalses llenos durante las sequías, compensando las pérdidas por evaporación.

4) Aprovechamiento múltiple:

Considerando que un verdadero manejo integral del recurso hídrico implica realizar obras de propósito múltiple, esto se podría lograr en la medida que todos los subsistemas se integren de manera tal que el agua pueda reciclarse, a fin de poder servir a varios usos.

Las posibilidades de riego por gravedad o retrobombeo han sido poco estudiadas hasta el momento y deberían considerarse seriamente dentro de los objetivos de un programa a largo alcance.

De la misma forma, la posibilidad de recargar acuíferos debería ser considerada seriamente dentro de un sistema de retro-alimentación.

5 - Manejo conjunto de los subsistemas:

Para poder regular las irregularidades del sistema natural y compatibilizar los múltiples usos del agua, se hará imprescindible interconectar todos los subsistemas de manera tal que exista el mayor número posible de interconexiones que sirvan como elemento de regulación o de retro-alimentación. Será necesario elaborar un modelo matemático de manejo conjunto de manera tal que pueda lograrse la optimización del sistema, en condiciones normales de funcionamiento, o frente a situaciones críticas, tanto de sequías como inundaciones, ya que la máxima variabilidad se obtendrá con el máximo de interconexiones.

7.2. Metodología

1. Necesidad de un plan maestro

Lo que hemos dicho hasta ahora nos lleva a comprender que la naturaleza ha establecido un sistema convergente de evacuación en dirección al río de La Plata, que las napas freáticas reflejan esa misma tendencia, y que en el W las condiciones morfoclimáticas actuales han desconectado parcialmente el escurrimiento superficial.

Por otra parte, los usos a que se destine el agua deberán ser múltiples y no siempre compatibles entre sí, por lo cual se hace necesario e imprescindible elaborar un plan maestro de manejo que contemple todas las posibilidades de uso, como si el escurrimiento superficial y subterráneo constituyeran un sistema único integrado.

Ese plan maestro deberá contemplar las prioridades de todos los proyectos, y las metas a alcanzar a corto, mediano y largo plazo.

2. Necesidad de definir los sistemas y subsistemas

La primera prioridad para elaborar ese plan maestro es definir cuáles son los subsistemas que integran el sistema total, de manera tal que aquellos se puedan aislar, y definir las características de entradas y de salidas con los cuales se interconecten. De esta forma, cada subsistema constituirá una unidad de manejo espacio temporal.

Para lograrlo, será imprescindible conocer las características morfológicas, ecológicas, hidrológicas y delimitar la unidad espacial que corresponde a cada subsistema.

3. Necesidad de definir la fisiología de cada subsistema

Para poder elaborar un plan maestro es necesario conocer de qué manera se comportan el escurrimiento superficial y subterráneo en el espacio y en el tiempo, dentro de cada subsistema. Para ello es imprescindible detectar todas las variables y los procesos que influyen en el escurrimiento, pero también se hace necesario jerarquizarlos, a fin de poder diferenciar claramente las variables dominantes o que arrastran el sistema, y el grado de interrelación entre las mismas. Esto implica llegar a detectar cómo están funcionando los subsistemas y la tendencia natural, es decir, hacia qué estado final se dirigen.

4. Necesidad de planificar las modificaciones de los subsistemas.

La presencia del hombre en el espacio geográfico, y sus actividades, origina indefectiblemente una modificación de la fisiología del escurrimiento, que es tanto mas importante cuanto mas desarrolladas estén las técnicas que éste emplee.

La construcción de las grandes obras hidroeléctricas, de las embalses escalonados, las captaciones de agua, y el retrobombeo, darán lugar a un verdadero impacto ecológico cuyas consecuencias no se pueden dejar libradas al azar. En una palabra, sobre la base de la fisiología de los subsistemas y del sistema total, será necesario prever las modificaciones que se irán introduciendo, a fin de poder tomar las medidas necesarias para controlar los efectos y mantener las modificaciones dentro de los niveles comparables con la capacidad autoregularora de las condiciones naturales.

5. Necesidad de optimizar el aprovechamiento

Si tenemos en cuenta las distintas posibilidades de uso, las tendencias naturales de los subsistemas, y las modificaciones que indefectiblemente se introducirán en los mismos, podemos captar inmediatamente el número de combinaciones posibles que optimicen el aprovechamiento integral del recurso.

Es importante tener presente que la optimización de la totalidad lleva implícita la posibilidad de intereses contrapuestos, y de subsistemas que no puedan optimizarse aisladamente.

Será necesario recurrir indefectiblemente a un sistema de correlación de variables, jerarquización de las mismas y jerarquización de los niveles de interrelación, elaborando un modelo matemático que permita trabajar con un gran número de variables y desagregar los subsistemas como unidades de manejo, pero integrados dentro del modelo general.

7.3. Instrumentación

1. Definición del encuadre jurídico institucional

Si las condiciones geomorfológicas nos indican la existencia de un sistema de escurrimiento integrado, o cuya integración puede mejorarse, es evidente que todo plan maestro que se elabore a partir de un modelo totalizador requiere un sustento jurídico-institucional que permita la optimización de los estudios y de los recursos humanos e instrumentales.

Lamentablemente, en el área trabajan diferentes instituciones cuyo encuadre jurídico va desde el derecho nacional hasta el individual, y frecuentemente existe superposición de intereses, derechos y tareas, lo cual hace imposible optimizar el sistema.

Si tenemos en cuenta que las aguas son en parte provinciales y en parte internacionales, y que la legislación de agua elaborada para el área de montaña no siempre es apta para las llanuras, podemos comprender la imperiosa necesidad de instrumentar un plan maestro y establecer un cierto derecho regional que compatibilice las legislaciones de los diversos niveles y establezca el marco y los carriles por los cuales las instituciones puedan coadyuvar hacia el objetivo común que constituye el manejo integrado del recurso.

2. Definición del encuadre político

Evidentemente ningún plan maestro podrá elaborarse sin una definición muy clara del encuadre político, es decir, que papel asigna la Nación al desarrollo integral de los recursos hídricos de la región, o unidad espacial que maneje el sistema total y a los diversos proyectos que pueda integrar el plan maestro.

3. Ordenación y sistematización de los recursos y de la información:

La primera prioridad para instrumentar el manejo integral de los recursos es conocerlos y ordenar y sistematizar la información existente sobre los mismos, y la que fuera surgiendo de la investigaciones y estudios que se vayan realizando.

Lamentablemente, existe una gran cantidad de información dispersa en diferentes reparticiones, que no está ordenada ni sistematizada, de manera tal que cuando se quiere elaborar cualquier plan de manejo, se pierda gran cantidad de tiempo en la recopilación de esa información.

Por otra parte, al no haber desarrollado un sistema que permita ordenar y clasificar las distintas variables, las relaciones entre las mismas, las escalas, etc., muchas veces se hace muy difícil compatibilizar la información existente y la que se necesita generar.

Es por ello que se hace necesario elaborar normas muy claras para la evaluación de los recursos, las escalas de trabajo que se manejarán en las diferentes etapas y la manera por la cual la información existente, y a recopilarse, pueda ser rápidamente compulsada, ordenada y sistematizada. De lo contrario, se seguirán gastando importantes sumas en la obtención de informaciones sectoriales que luego no pueden compatibilizarse entre sí.

4. Formación de los recursos humanos.

Evidentemente, llevar adelante un plan maestro implica poder asegurar un alto nivel técnico y una permanencia de los equipos dedicados a los distintos aspectos que involucra el manejo de los recursos hídricos.

Frecuentemente el recurso humano existente no es suficiente, no está funcionando ubicado en unidades de trabajo, o no dispone de medios para una actualización permanente y lo que es peor, no tiene la estabilidad necesaria como para que pueda asegurarse la continuidad de las tareas.

Consideramos que el recurso humano está mal aprovechado por estar mal distribuido y no sistematizado. La frecuencia con que distintos equipos trabajan sobre el mismo tema, denota un alto grado de desorganización y un pésimo nivel de aprovechamiento.

Será imprescindible que el plan maestro contemple las diferentes funciones y tareas que habrán de desarrollarse, y a partir de las mismas, se reorganicen los equipos, de manera tal que se logre la estabilidad, la no superposición de tareas y la continua actualización de los profesionales.

5. Estudio de los recursos financieros

La multitud de obras a encarar para optimizar el

sistema de manejo integral implica la obtención de recursos financieros de gran significación, que evidentemente no podrán provenir de una sola fuente, y probablemente vayan desde el nivel personal hasta el internacional.

Por ello, será necesario definir con mucha claridad cuáles serán las etapas a corto, mediano y largo plazo, ya que las fuentes de financiación podrían ser muy diferentes.

De la misma forma cada una de esas etapas tendrá que compatibilizar los múltiples proyectos; con las posibilidades de financiación, pero la idea general podría ser que ningún proyecto que pueda ser financiado por una unidad menor lo sea por una mayor. En una palabra, que si determinado proyecto puede ser financiado con recursos municipales no lo sea por recursos provinciales; de la misma manera, todo proyecto que pueda ser financiado por aportes privados, no debe serlo con aportes nacionales o internacionales.

De allí que la variable financiación debe entrar como prioritaria en el plan maestro.

6. Elaboración de un plan de extensión y participación de la comunidad.

Creemos, finalmente, que un programa tan vasto como el que resultaría del desarrollo de los recursos hídricos de toda el área, no puede ni debe hacerse sin el apoyo masivo y permanente de la comunidad.

Para lograrlo, es imprescindible la toma de conciencia que permita a cada individuo conocer exactamente cuáles son los objetivos, las prioridades, las ventajas y desventajas que lleva implícito el desarrollo integral.

Esto se logrará únicamente en la medida en que la comunidad participe en una u otra forma, de la elaboración, ejecución y conducción del plan maestro.

Será necesario también, elaborar un plan a fin de permitir esa participación de manera funcional y establecer los canales de comunicación entre el organismo central de planificación y la comunidad.

Ello lleva implícito un programa de extensión que pueda llegar a todos los niveles, de manera que los objetivos, las metas, las prioridades, las medidas y las tecnologías sean plenamente comprendidas y aceptadas por aquellos a quienes va dirigido el desarrollo regional.

8 - EJEMPLOS DE TRABAJOS REALIZADOS

En la Fig. 13 se han reducido y esquematizado los resultados de la fotointerpretación en la zona de los Bajos Submeridionales de la provincia de Santa Fe.

Puede observarse la gran cantidad de detalles que se han podido indicar en un sector de la llanura donde se consideraba casi imposible delimitar las cuencas.

El trabajo ha permitido llegar a niveles de detalle mucho mayor que el indicado en la figura, ya que la cartografía original se elaboró a escala 1: 75.000 lo que hizo posible no solo caracterizar las cuencas y subcuencas hasta el menor detalle, sino también las transfuencias, los ejes de escurrimiento, la tendencia general del sistema y la tipología de las redes y sistemas de escurrimiento.

Conocida la tendencia del sistema geomórfico fue posible elaborar modelos conceptuales de manejo que entraron a formar parte del Plan Maestro en el cual se pretende desarrollar un sistema de canales y otras de embalse de poca altura, integrados a la red vial, ya que estas últimas serían realizadas con terraplenes viales.

Es importante mencionar que la fotointerpretación abarcó los aspectos geomorfológicos y de vegetación en la escala original, sobre alrededor de 1.500 fotografías y el trabajo se desarrolló en solo dos 2 años.

Sobre la base de lo anterior, se sintetizó el mapa de la figura y se elaboraron otros con tipología de redes y sistemas de escurrimiento. Finalmente se compartimentó el área a nivel taxonómico y se realizó una publicación especial sobre cada una de las unidades, lo cual continúa en la actualidad hasta completar los 7 tomos.

En la Fig. 13 se indica esquemáticamente el modelo de manejo que se elaboró para el área sobre módulos de manejo que permiten racionalizar el manejo de los recursos hídricos.

En las Figs. 14 y 15 se adjuntan cartas reducidas de los originales sobre Geomorfología y Vegetación del trabajo sobre la Cuenca del Río Negro en la Provincia del Chaco. Ellas permiten apreciar el nivel de detalle al cual se puede llegar en este tipo de trabajos y la exactitud con que se puede determinar el escurrimiento en áreas tan planas, requisito indispensable para cualquier planificación.

Finalmente, en la Fig. 16 se adjunta el esquema de manejo integrado de varios proyectos de la llanura, los canales del Río Bermejo, las obras de embalse de Paraná Medio y los Bajos Submeridionales.

En este esquema se modifican las trazas de los canales del Bermejo, sobre la base de estudios de Geomorfología y se los integra a un sistema que permite la recarga por gravedad o por retrobombeo. Lo expuesto significa poder lograr un sistema de alta variabilidad que permita enfrentar el periódico problema de la alternancia de las secas y las inundaciones en una extensión de más de 100.000 km².

Debemos recalcar que en la Provincia de Corrientes se está trabajando en el Instituto Correntino del Agua sobre más de 15.000 km² con proyectos de cuencas piloto, siguiendo el mismo criterio.

tes se está trabajando en el Instituto Correntino del Agua sobre más de 15.000 km² con proyectos de cuencas piloto, siguiendo el mismo criterio.

9 - CONCLUSIONES

Luego de varios años de trabajo se cuenta hoy con estudios de detalle de la geomorfología de gran parte del nordeste, incluyendo detalles minuciosos sobre el escurrimiento y las fisonomías vegetales, lo que permite afirmar

1. Que todo planeamiento de los recursos hídricos en la llanura requiere como información básica y preliminar una cartografía geomorfológica de detalle, con especial atención a los sistemas y redes de escurrimiento.

2. Que únicamente mediante los métodos sensoriales remotos es posible realizar estos trabajos de detalle en corto tiempo y a bajo costo.

3. Que debe prestarse especial atención a las relaciones entre la Morfofisiología y la cobertura vegetal y edáfica, por la alta susceptibilidad del área a cualquier cambio en estos últimos.

4. Que las obras viales deben integrarse a un sistema de manejo integral que contemple el aislamiento y regulación de las cuencas y su trazado debe basarse en la información geomorfológica.

5. Que los canales deberán diseñarse conjuntamente con obras de regulación puesto que el sistema natural está adaptado a un ritmo pulsátil.

BIBLIOGRAFIA

BONARELLI, G. y NAGERA, J.J.

1 - 1929 -

Memoria explicativa del mapa geo-agrológico y minero de Corrientes. Imp. del Estado. Corrientes. Tomos 1 y 11.

HERBST, Rafael

2 - 1971 -

Esquema estratigráfico de la Provincia de Corrientes Rep. Argentina. Rev. de la Asociación Geológica Argentina, Tomo XXVI, No 2 - Bs. As.

PASOTTI, P.

3 - 1959 -

Vinculaciones de la neotectónica con el recorrido de las redes hidrográficas de la llanura argentina y en especial en la bonarense. Bol. Est. Geo. No 21, Vol. V. Universidad Nac. de Cuyo, Mendoza.

PADUIA, E. y MINIGRAMM, A

4 - 1963 -

The fundamental geological pattern of the Chaco - Paraná Basin. Sec. 1 paper 1, Argentina.

PASOTTI, Pierina

5 - 1963 -

Algunos rasgos morfológicos de la llanura cordobesa entre las dislocaciones de San José del Salteño y el Meridiano 62° 45 W.

Separata del Bol. de Est. Geog. Nc 41, Vol. X, oct. dic., Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras.

6 - 1963 -

La cuenca del arroyo Cañada de Gomez (Prov. de Santa Fe), Publicaciones XLVIII, Inst. de Fisiología y Geología.

PASOTTI, P. y CASTELLANOS, A.

7 - 1967 -

Rogamos geomorfológicos generales de la llanura pampeana. Bol. de la Filial Rosario de la Soc. Arg. de Est. Geográficos, No 3, Rosario.

POPOLIZIO, Eliseo

8 - 1966 -

Problemas geomorfolimáticos en la Prov. de Corrientes. Comunicación presentada a la XVIII Sem. de Geog. S.M. Tucumán.

9 - 1969 -

Contribución a la Geomorfología de la Prov. de Ctes. Pres. al XXII Congreso Brasileño de Geología; B.H., Minas Geraes. En Prensa para la Fac. de Ciencias, Ingeniería y Arquitectura, UNL, Rosario, Instituto de Fisiog. y Geología. Serie A. Notas.

10 - 1969 -

Tentativa de comparación de los tipos de contactos de cuencas sedimentarias con las áreas cristalinas del Brasil y la Argentina. Anais do XXIII, Congreso Brasileiro de Geología. Salvador (Bahía), pp. 145 a 146.

11 - 1973 -

Los estudios sobre el río Bermejo y sus relaciones con el aprovechamiento integral de los recursos hídricos del NEA. Inédito.

12 - 1973 -

Modificaciones en las características hidrológicas de la Cuenca del Plata. Inédito.

13 - 1973 -

Algunas vinculaciones entre la Geomorfofisiología y los estudios de Hidrología, VI Cong. Nac. del Agua, Santiago del Estero.

14 - 1973 -

El pseudokarst y su importancia en los estudios hidrológicos del NEA. Serie C. Investigación T.O. No 1, Centro de Geociencias Aplicadas, Univ. Nac. del Nordeste.

15 - 1973 -

Informe de Geomorfología - Estudio de Recuperación de áreas inundadas, esteros y Río Riachuelo (Pcia. de Corrientes). T.I. y II - Ministerio de Defensa - DIGID.

16 - 1973 - Geomorfología de las áreas inundadas e inundables del NEA, Adm. Prov. de R.C. Hídricos, pp. 43-72, Ed. Región, Resistencia.

17 - 1973 -

Geomorfología de los Bajos Submeridionales en el área del Chaco, Convenio Univ. Nac. del Nordeste. Consejo Federal de Inversiones. Inédito. Tomo I.

18 - 1973 -

Geomorfología de los Bajos Submeridionales en el área de Santa Fe. Convenio Univ. Nac. del Nordeste - Consejo Federal de Investigaciones. Inédito. Tomo II.

19 - 1975 -

Los sistemas de escurrimiento. Serie C. Investigaciones. T. 2, No2. Centro de Geociencias Aplicadas. Universidad Nac. del Nordeste.

20 - 1975 -

Las redes de escurrimiento, Serie C. Investigación. T. 2, No 3. Centro de Geociencias Aplicadas. Univ. Nacional del Nordeste.

21 - 1976 -

Importancia de los procesos pseudokársticos en la evolución de las redes fluviales de la llanura. Revista GECCENCIAS No VI, P. 3 a 12. Centro de Geociencias Aplicadas, Univ. Nac. del Nordeste.

22 - 1977 -

Manejo integrado de los recursos hídricos de los Bajos Submeridionales (Santa Fe y Chaco) - Serie C: Investigación. T. 13, No 2 - Centro de Geociencias Aplicadas del Nordeste. U.N.N.E.

23 - 1979 -

Las Grandes Obras Hidroeléctricas de la llanura y su integración al manejo de los Recursos Hídricos del N.E.A. - Serie C. Investigación - T. 13, No 3 - Centro de Geociencias Aplicadas de la U.N.N.E.

24 - 1979 -

Aplicaciones de la Geomorfología al Estudio de las cuencas fluviales de la llanura argentina. Presentado al IV Congreso Internacional de Geología para Ingenieros - Madrid.

25 - 1979 -

Pautas para el manejo integral de los recursos hídricos del NEA. Serie C: Investigación. T. 13, No5. Centro de Geociencias Aplicadas de la U.N.N.E.

26 - 1979 -

Manejo integral de los recursos hídricos en el sector argentino de la cuenca del Plata en relación con las Grandes Obras Hidroeléctricas. II Seminario Interamericano de Hidroelectricidad.

POPOLIZIO, Eliseo y SERRA, Pilar Y.

27 - 1977 -

Fctointerpretación Aplicada al Estudio de la Cuenca del río Negro (Pcia. del Chaco). Convenio Adm. Prov. de Rec. Hídricos- Univ. Nac. del Nordeste. Serie C. Investigación, T. 14. Centro de Geociencias Aplicadas, U.N.N.E.

28 - 1978 -

Bases Fisiográficas para el manejo de los recursos hídricos en un sector de la llanura chaqueña. Presentado al III Congreso Internacional de Aprovechamiento Hidráulicos, México.

POPOLIZIO, Eliseo y SZYMULA, Benicio

29 - 1977 -

Criterio para el trazado de las vías de comunicación en la llanura chaqueña en función de la actividad forestal. Inédito.

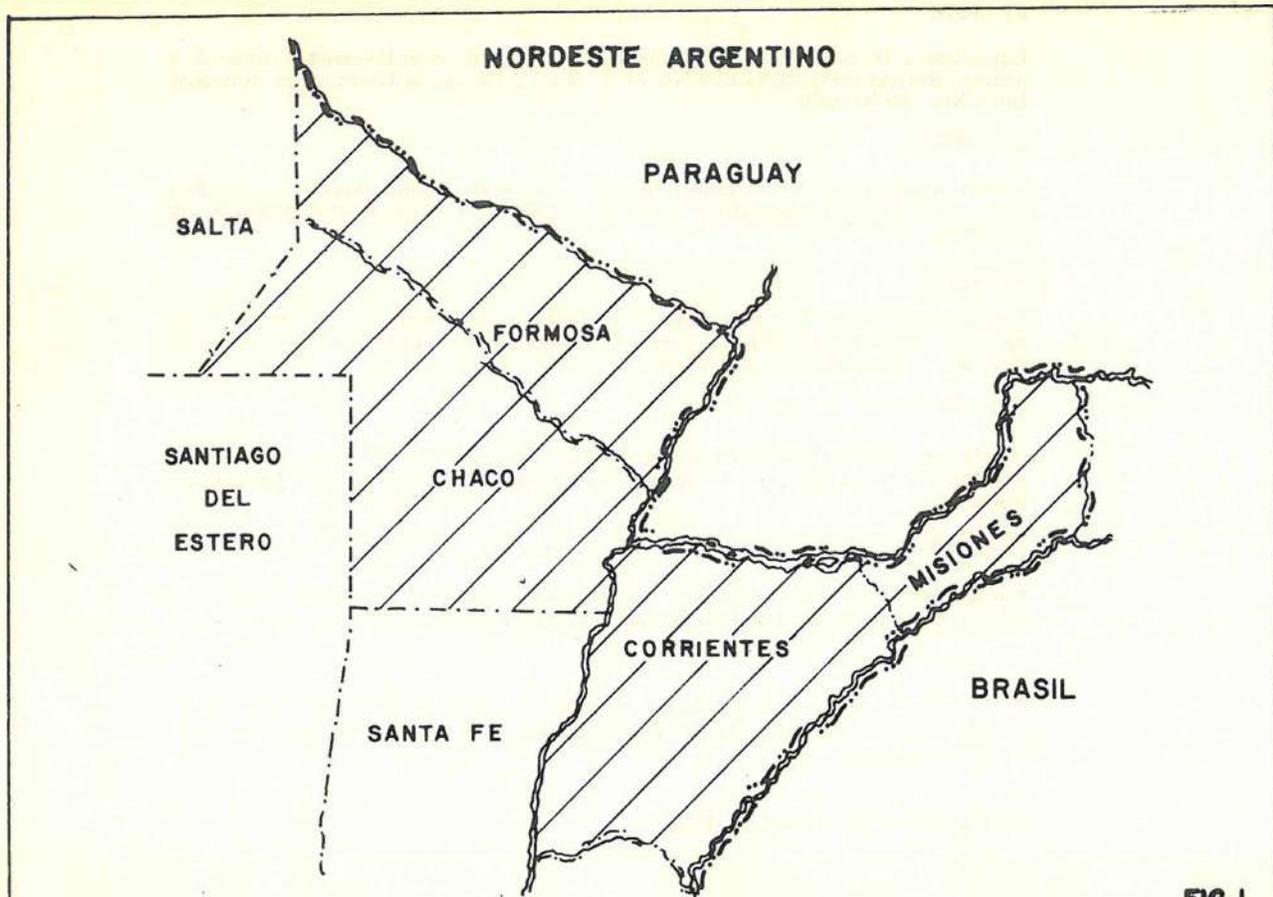


FIG. 1

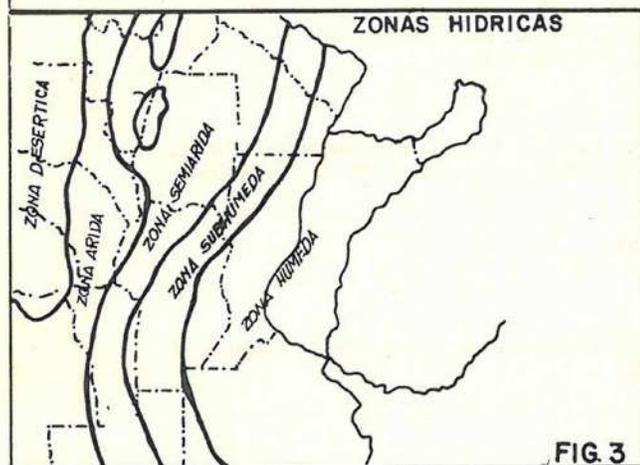


FIG. 3

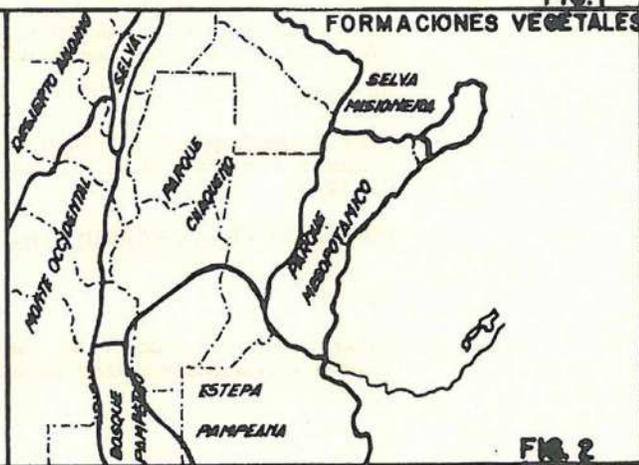


FIG. 2

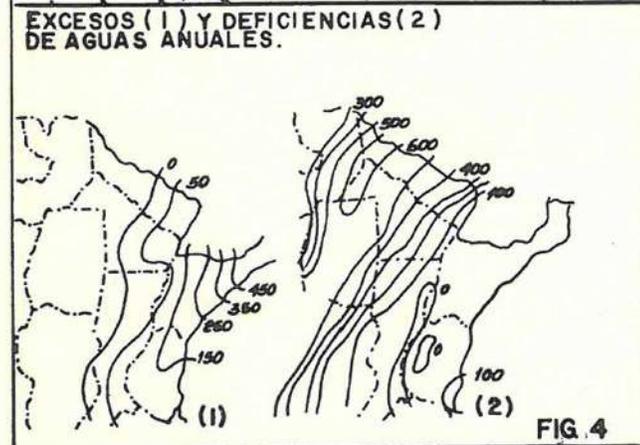


FIG. 4

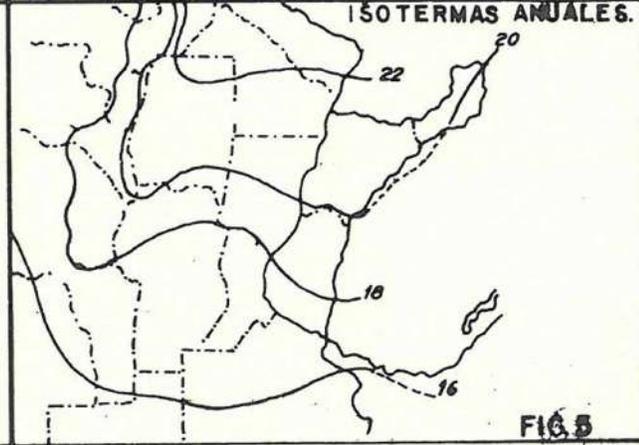


FIG. 5

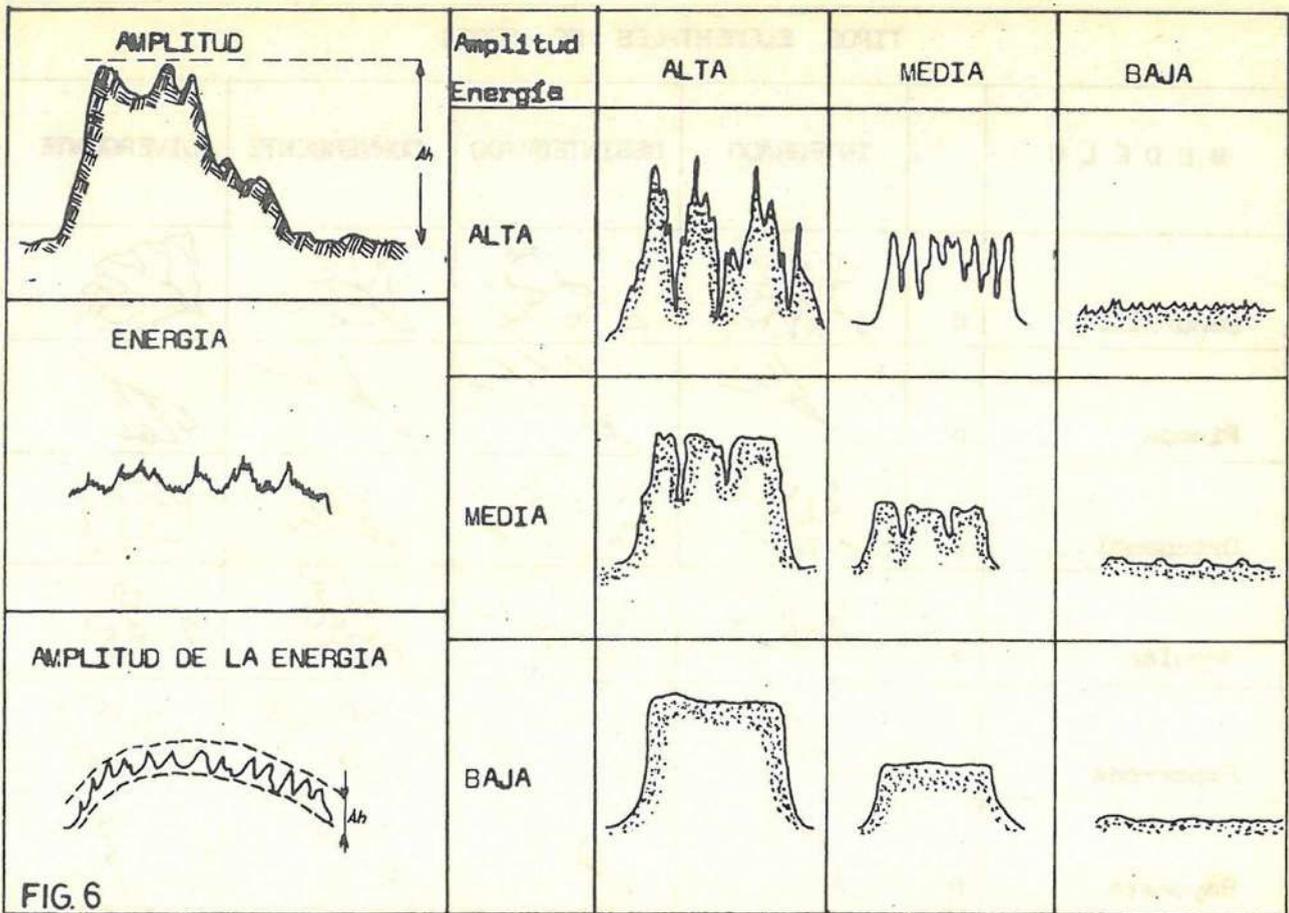


FIG. 6

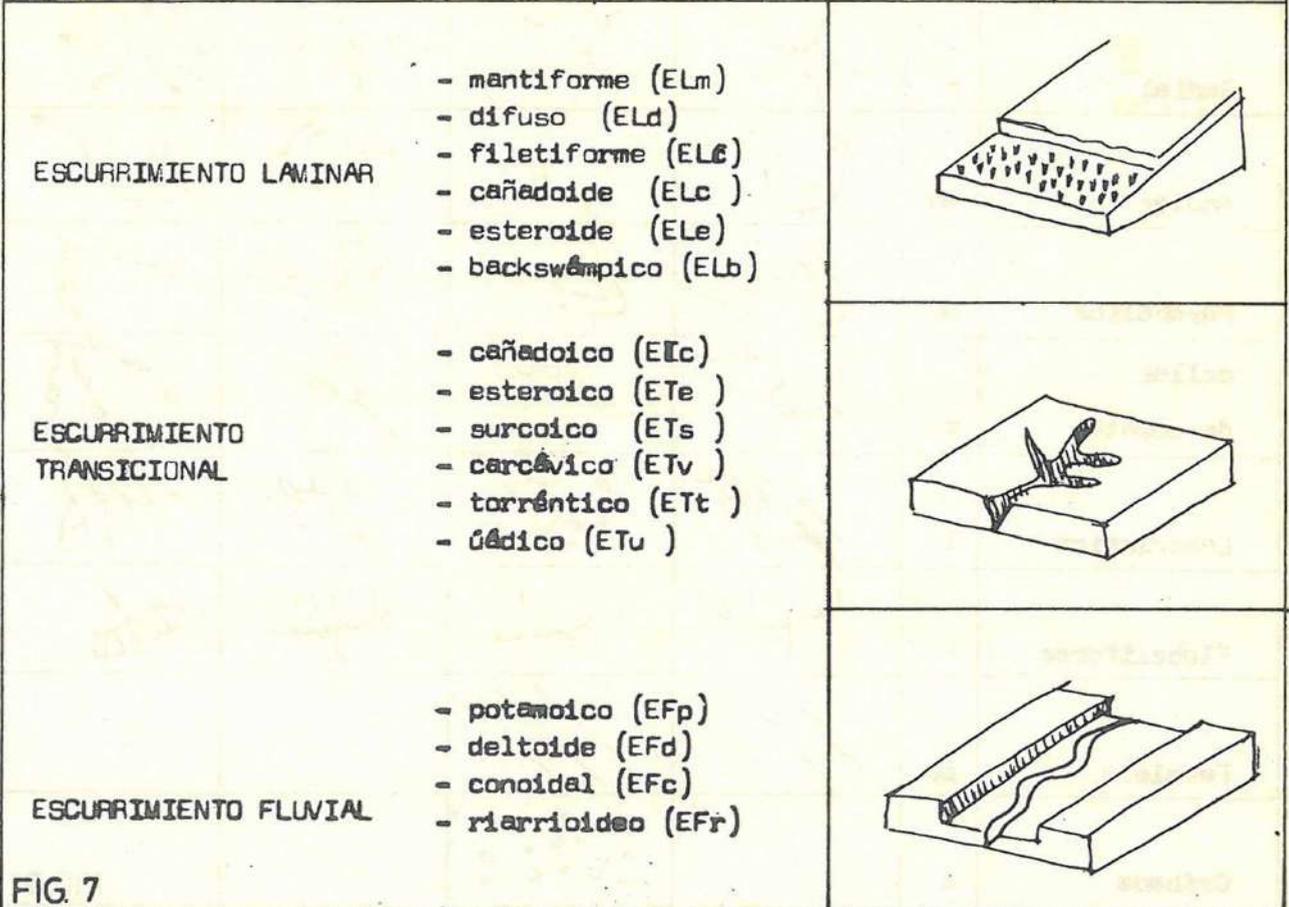


FIG. 7

TIPOS ELEMENTALES DE REDES

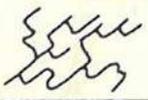
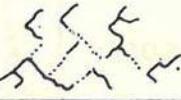
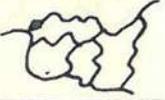
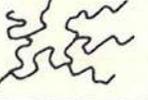
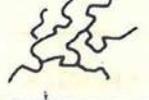
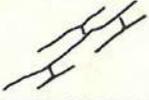
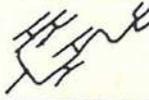
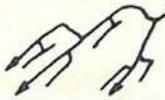
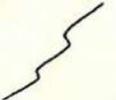
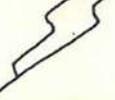
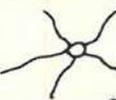
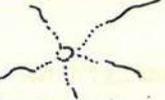
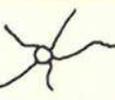
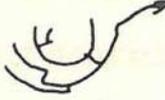
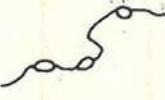
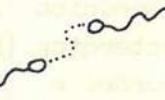
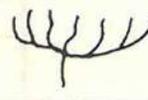
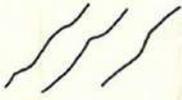
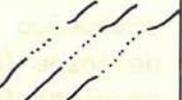
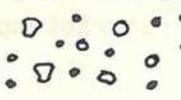
MODELO		INTEGRADO	DESINTEGRADO	CONVERGENTE	DIVERGENTE
Dendrítica	d				
Pinada	p				
Ortogonal	o				
Angular	a				
Emparrada	e				
Bayoneta	b				
Radial	r				
Anular	an				
Parabólica	pb				
collar de cuentas	co				
Laberíntica	l				
Flabelforme	f				
Paralela	pa				
Cribada	c				

FIG 0

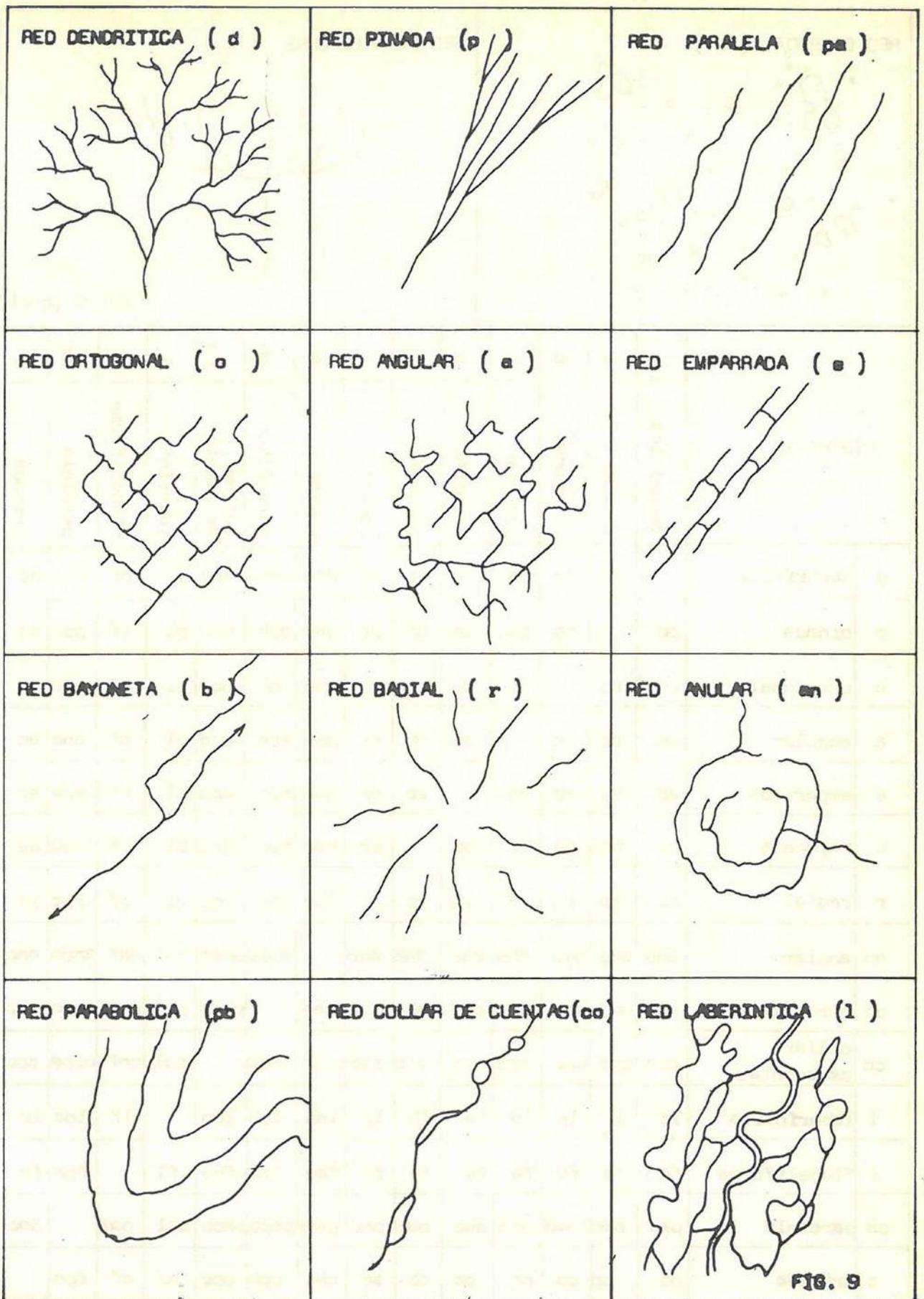
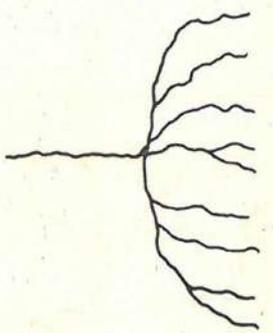


FIG. 9



RED CRIBADA (c)

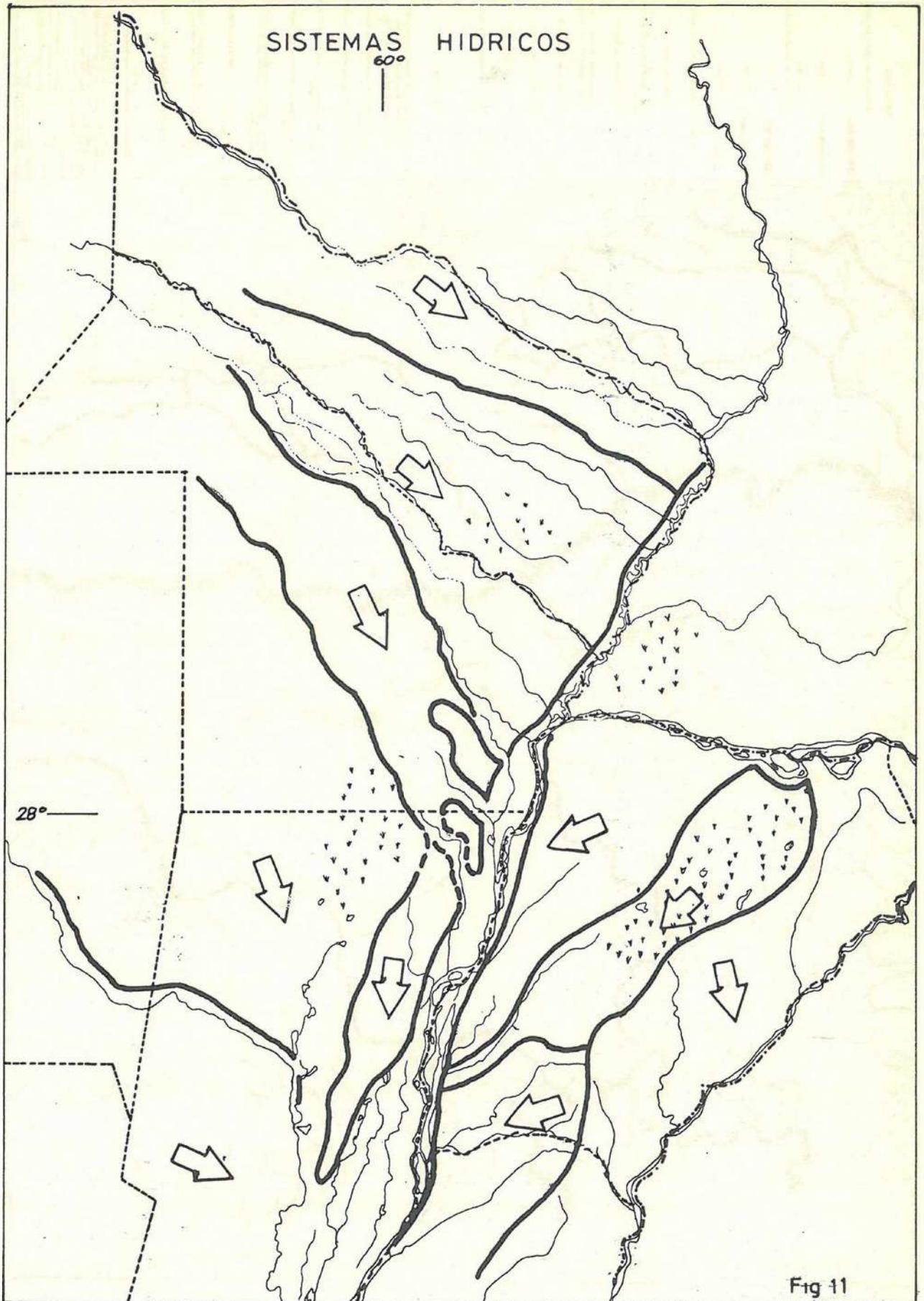


RED FLABELIFORME (f)

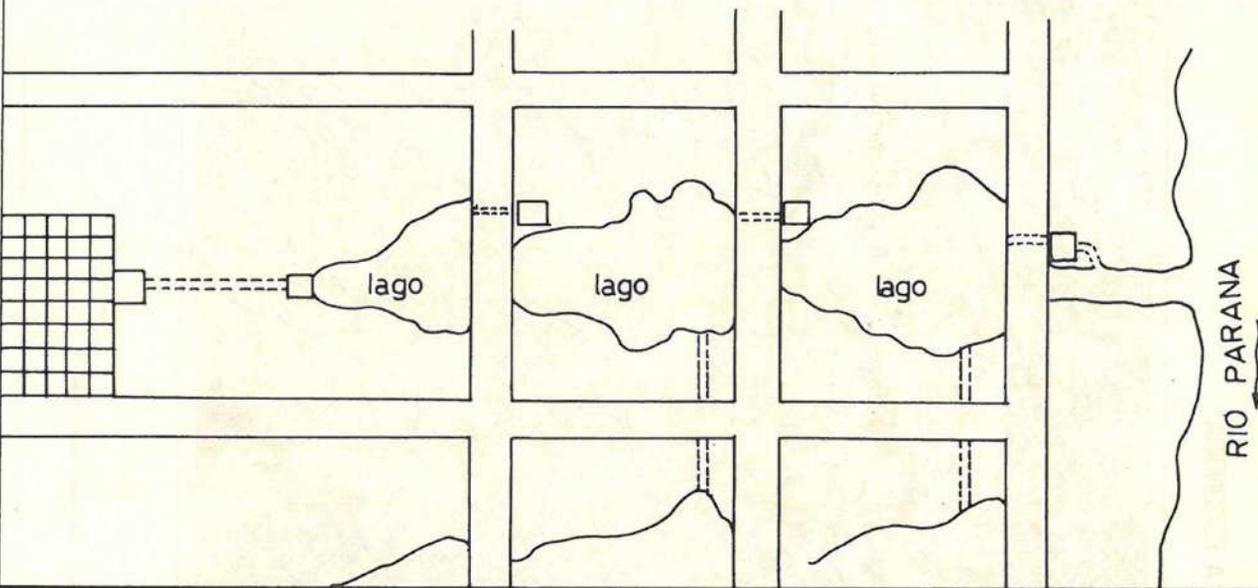
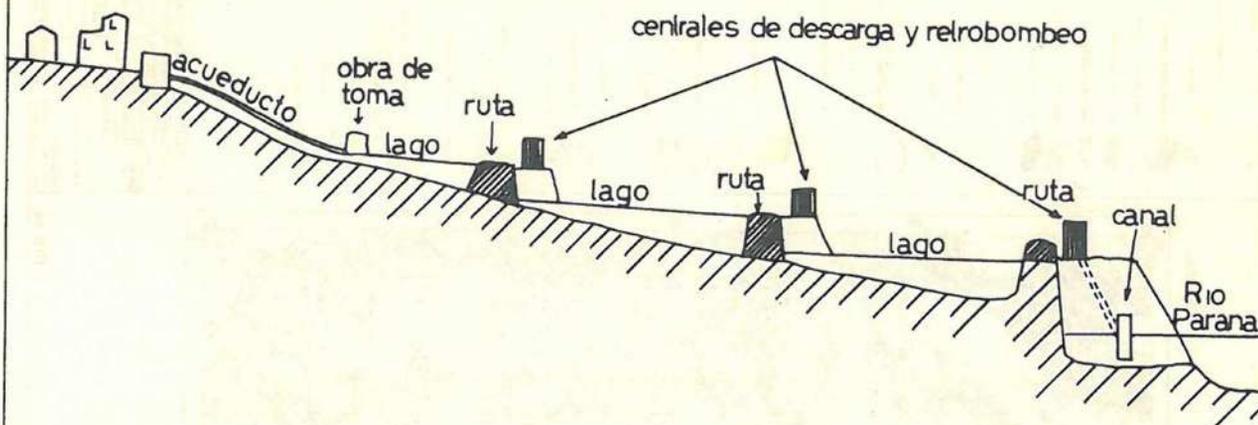
FIG. 9 (cont)

FIGURA 10

	FIGURA 10													
	d	p	o	a	e	b	r	an	pb	co	l	f	pa	c
d	dendrítica													
p	pinada	pd		po	pa	pe	pb	pr	per	pbb	pco	pl	pf	ppa
o	ortogonal	od	op		oa	oe	ob	or	oan	opb	oco	ol	of	opa
a	angular	ad	ap	ao		ae	ab	ar	aan	apb	aco	al	af	apa
e	emparrada	ed	ep	eo	ea		eb	er	ean	epb	eco	el	ef	epa
b	bayoneta	bd	bpd	bo	ba	be		br	ban	bpb	bco	bl	bf	bpa
r	radial	rd	rp	ro	ra	re	rb		ran	rpb	rco	rl	rf	rpa
an	anular	and	anp	ano	ana	ane	anb	anr		anpb	anco	anl	anf	anpa
pb	parabólica	pbd	pbp	pbo	pba	pbe	pbb	pbr	pben		pbeco	pbl	pbf	pbpa
co	collar de cuentas	cod	cop	coo	coa	coe	cdb	cor	coan	copb		col	cof	copa
l	laberíntica	ld	lp	lo	la	le	lb	lr	lan	lpb	lco		lf	lpa
f	flabeliforme	fd	fp	fo	fa	fe	fb	fr	fan	fpb	fco	fl		fpa
pa	paralela	pad	pap	pao	pa	pas	pab	par	paan	papb	pac	pal	parf	
c	cribada	cd	cp	co	ca	ce	cb	cr	can	cpb	ceaf	cl	cf	cpa



ESQUEMA DE MANEJOS PARA LOS BAJOS SUBMERIDIONALES



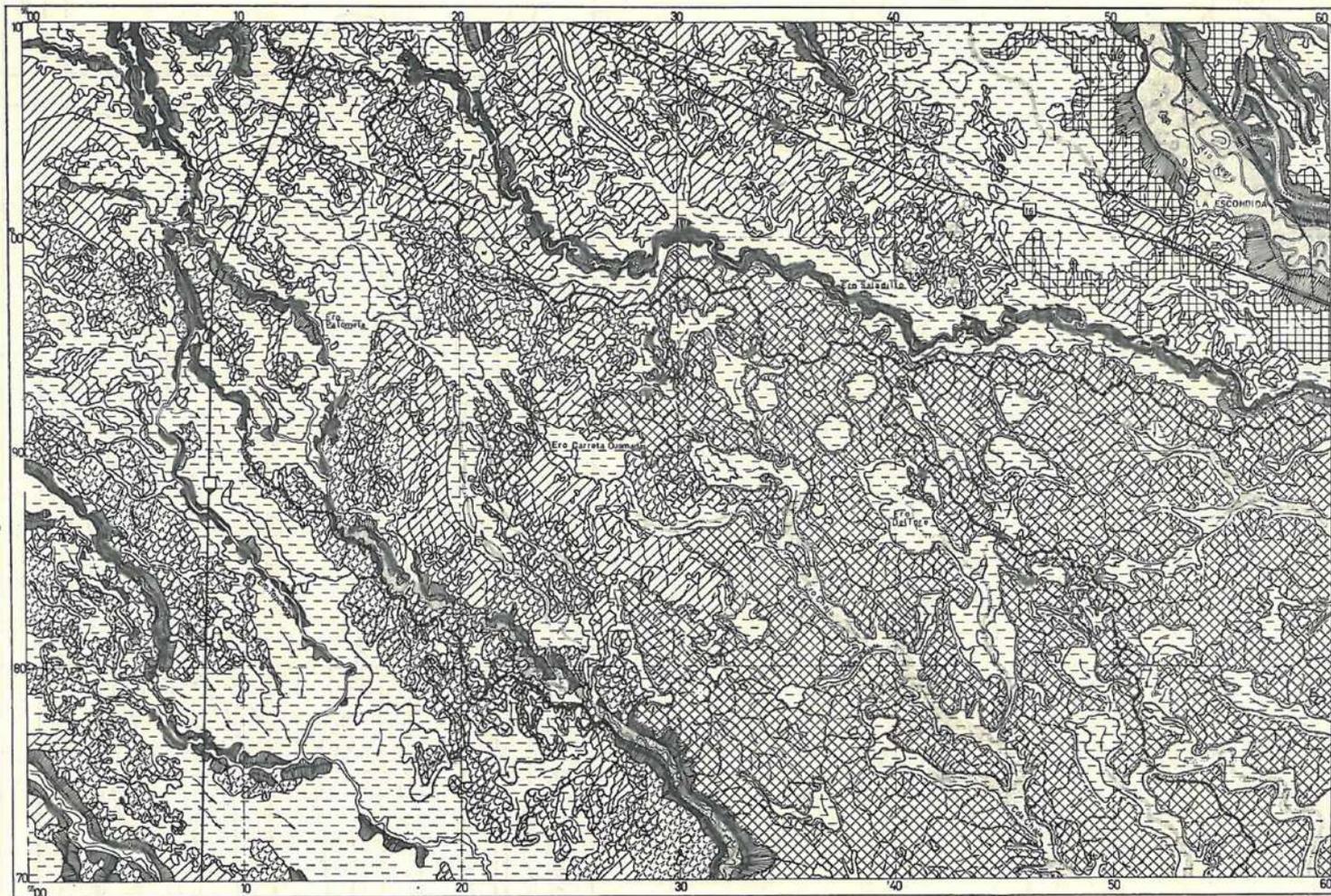
AMPLIACION DE UNA MALLA



FIG. 13

LA ESCONDIDA

HOJA 6990-5530



FORMAS FLUVIALES

- Canal de escaje
- Planicie fluvial delimitada
- Planicie fluvial incipiente
- Planicie reactivada
- Mandra abandonada
- Planicie
- Terrame lateral

ESOURRIMIENTO

- Sentido del escurrimiento
- Transfluencia
- Divisora de cuenca
- Divisoria neta
- Divisoria probable
- Area periodicamente inundada
- Laguna

PALEOFORMAS EOLICAS

- Superficie ventada
- Campo de dunas
- Dunas rasgadas
- Planicie eolica

FORMAS ESTRUCTURALES

- Superficie estructural
- Interfluvio tabularina

LADERAS

- Escarpa
- Quebra de pendiente

INFRAESTRUCTURA

- Area urbana
- Ferrocarril
- Ruta pavimentada
- Ruta de tierra

ESCALA GRAFICA



CENTRO DE GEOCIENCIAS APLICADAS
Facultad de Ingeniería - Facultad de Humanidades

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL - CARRERA GEOMATICA
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL - CARRERA GEOMATICA
 ALMACEN DE DATOS DEL CENTRO DE GEOCIENCIAS APLICADAS
 LA ESCONDIDA - 6990-5530

Aprobó: Ing. Elmer Paredes
 Fecha: _____
 Escala: _____

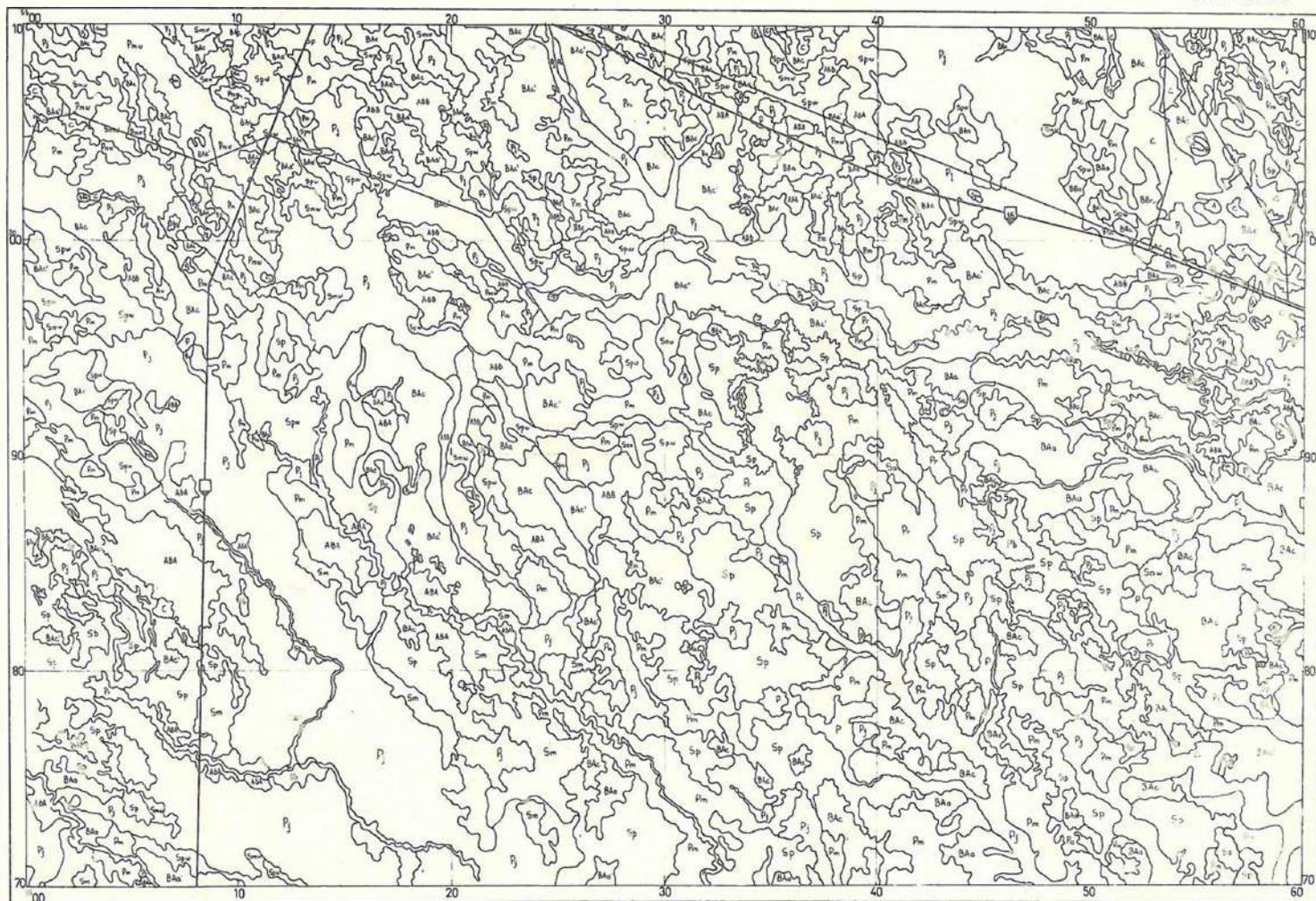
Fotointerpretación Aplicada al
 Estudio de la Cuenca del Rio Negro
 Provincia del Chaco

Financiado por convenio entre la Administración Provincial de Ingresos
 Municipales de la Provincia del Chaco y la UNAP

FIG. 14

LA ESCONDIDA

HOJA 6990-5530



- BAC Bosque Alto cerrado
- BAa Bosque Alto abierto
- BBc Bosque Bajo cerrado
- BBa Bosque Bajo abierto
- ab Bosque
- Pa Parque arboreo
- Pm Parque mixto
- Pb Parque arbustivo
- Sa Sabana arborea
- Sm Sabana mixta
- Sb Sabana herbacea
- Sp Sabana peruviana
- A Arbustal
- ABA Arbustal Bosque Alto
- ABB Arbustal Bosque Bajo
- P Pastizal
- Pj Pastizal
- Pr Pradera acuática
- C Cultivo
- W Fisiología de áreas inundables

INFRAESTRUCTURA

- Área urbana
- Ferrocarril
- Ruta pavimentada
- Ruta de tierra

ESCALA GRAFICA



CENTRO DE GEOCIENCIAS APLICADAS Facultad de Ingeniería-Facultad de Humanidades	
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALOJA	
Elaborado por: Ing. Efraim Paredes	Colección: Geografía
Revisado por: Ing. Efraim Paredes	Edición: 1ª
Impreso en: C.A. Impresora "El Aro"	Hoja: 6990-5530
Aprobado por: Ing. Efraim Paredes	Fecha: Julio
Elaborado por: Ing. Efraim Paredes	Fecha: Julio

FIG. 15

Elaborado por convenio entre la Administración Provincial de Recursos Hídricos de la Provincia del Chaco y la UNAJ.

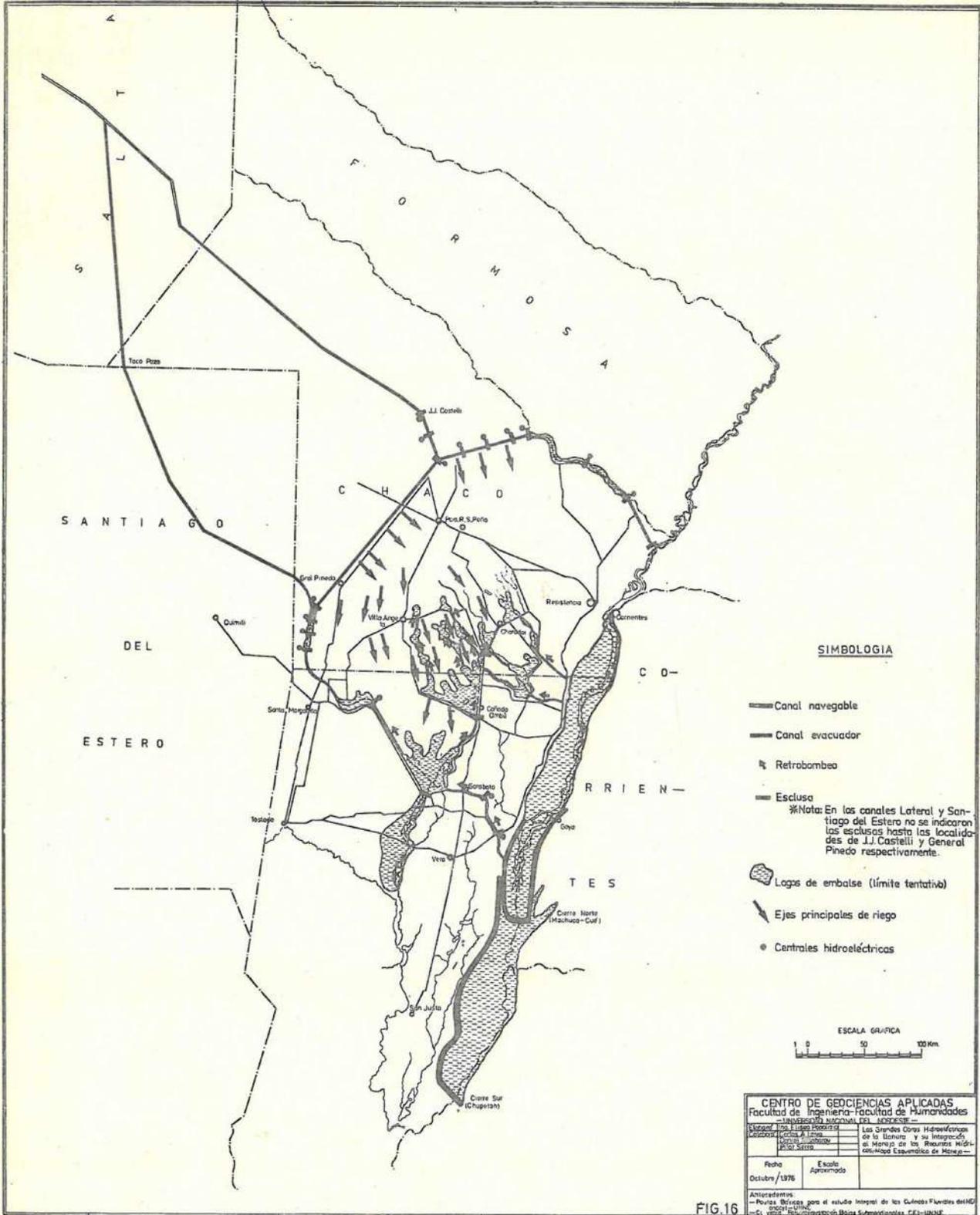


FIG.16