

REPUBLICA ARGENTINA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA
Avda. Pellegrini 250

INSTITUTO DE FISIOGRAFIA Y GEOLOGIA

Directora Dra. PIERINA PASOTTI

PUBLICACIONES

LVII

**SOBRE LA PRESENCIA DEL ULTIMO
PALEOMODELO DE RED HIDROGRA-
FICA DE EDAD PLEISTOCENICA EN
LA LLANURA DE LA PROVINCIA DE
SANTA FE**

POR

PIERINA PASOTTI

SOBRE LA PRESENCIA DEL ULTIMO PALEOMODELO DE RED HIDROGRAFICA DE EDAD PLEISTOCENICA EN LA LLANURA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE.¹

En zonas de relieve bajo, constituidas por rocas sedimentarias sueltas de granulometría fina, con buzamiento regional bajo, en las que son escasos los afloramientos naturales o artificiales, tal como es nuestra llanura pampeana, el análisis del desagüe y su configuración, son elementos de juicio muy valiosos en las investigaciones tanto en Geología pura como en la aplicada. Ese análisis es necesario para la identificación de las condiciones físicas naturales de una región a la que se estudia en su totalidad, como lo es la de las diferentes configuraciones que integran una red fluvial regional.

Por configuración o modelo de avenamiento se entiende "la manera o disposición con que una serie de corrientes tributarias se acomodan entre ellas mismas dentro de una cuenca de drenaje dada" (Parvis, 1950).

En el estudio del diseño de redes se prescinde de que las vías de desagüe en un área estén o no ocupadas por corrientes permanentes; ejemplos de las primeras son el río Arrecifes y el arroyo Pavón, y de las segundas la cañada norte de Villa Constitución. Dicha configuración permite pues poner de relieve rasgos tectónicos y estructurales (o sea estructura activa y pasiva) de los que no podemos percatarnos ni aún "caminando sobre ellos" y que no siempre figuran aún en los mejores mapas: indica de un modo fidedigno las condiciones del terreno con respecto a clima, rocas, suelo y vegetación. El estudio de las redes por medio de las fotografías aéreas sirve en particular modo donde no se pueden aplicar otros métodos de investigación superficial. En el caso de nuestra llanura se agregan las actividades agrícolas y ganaderas intensas y la cubierta de regolita que suele ser continua y hasta descender en el piso de los lechos fluviales.

Una evaluación cuantitativa de suelos, rocas y estructuras rocosas grandes debe llevarse a cabo en el ámbito regional; la cualitativa es propia de los análisis individuales y de los drenajes considerados separadamente unos de los otros. Estos preparan a aquéllos, de lo que resultan las deducciones más valiosas en relación con la estructura visible y la subestructura invisible, pero reflejada en aquélla, en una región entera. Aclararé esto con un ejemplo. El estudio de la red hidrográfica y de la cuenca del arroyo Pavón (Pasotti, 1971) nos condujo a reconocer en ésta movimientos de dovelas, y a la clasificación de aquélla como modelo en emparrillado (*trellis*). Se trata pues de un análisis cualitativo. Pero cuando afirmamos que ese diseño se extiende por lo menos hasta el S del arroyo Arrecifes en la Provincia de Buenos Aires (*fig. 1*), hacemos una evaluación cuantitativa, con

1. Parte de este trabajo fue expuesto en el 5° Congreso Nacional del Agua realizado en la ciudad de Santa Fe, en abril de 1971.

lo que entramos en el ámbito regional que nos sugiere deducciones sobre la estructura invisible de una gran franja ribereña de la pampa levantada u ondulada.

En el estudio de las configuraciones nos valemos primeramente de *modelos básicos*, los que si no son estrictamente típicos pueden ser *modelos básicos modificados* cuando las condiciones regionales introducen diferencias con los primeros; ellos a su vez llevan a *variedades de modelo* que se caracterizan por detalles internos, comúnmente oscuros que requieren cuidadosos análisis.

Al clasificar los modelos de avenamiento de la Provincia de Santa Fe, por ejemplo, podemos expresar que estamos frente a un modelo básico *palimpsesto* (de palin = de nuevo; psao = rasqueteado: rasqueteado de nuevo). Siguiendo a Howard (1967) significa la existencia de vestigios de un modelo antiguo, o paleomodelo, sobre el que se formaron otros distintos del anterior. De acuerdo con esto, en nuestra Provincia tenemos modelos superpuestos (no sobrecimpuestos), pero esto no basta para dar una idea clara de su morfología sino que debemos tener en cuenta cuándo y cómo el paleomodelo influye y los modifica. El análisis, a veces de ambos, a veces independientes, nos conduce a deducciones que son valiosas para la interpretación de la Neotectónica (tectónica del Cuartario) de este sector de la llanura, lo que abre perspectivas y sugerencias al estudio del basamento cristalino que soporta la pila sedimentaria que lo cubre.

En Santa Fe, sobre el paleomodelo tenemos superpuestos varios modelos (*fig. 1*): en el extremo SW (así como en el SE de Córdoba) el “multicuenca” de origen cólico, o sea la zona de los médanos; el “enrejado” o “emparrillado” en el SE desde el arroyo Saladillo hasta el del Medio, y en la llanura bonaerense hasta el S del Arrecifes (Pasotti, 1971); el “flabeliforme” en el centro Este entre el río Carcaraña y el último tramo del arroyo Pavón; el “paralelo” en el N; el “anastomosado” al oriente del anterior. Cito sólo los más significativos y típicos.

Nuestras redes se formaron en dos tiempos: durante el primero se generó la del paleomodelo, durante el segundo las de hoy. Debido a aquél la Provincia, y la llanura de Córdoba, está surcada por numerosísimas cañadas consecuentes paralelas entre sí que corrían, y corren, de SW a NE. En Santa Fe se conserva sin ninguna superposición sólo en algunos sectores, por ejemplo el comprendido entre el arroyo Monje al N, los ríos Carcaraña al S, Paraná al E, y por el W hasta el occidente de la “cañada” de Carrizales (*fig. 1*). Deberíamos llamarle modelo paralelo de cañadas; si no se hubiese conservado nos hubiese resultado más difícil interpretar al que se presenta en el resto de la llanura y a clasificar todos los otros diseños.

Responde a un momento en que la llanura era sumamente plana y atravesada íntegramente por cursos de agua del mismo alcance que no llegaban a formar lo que en general se entiende por “red”, pues no había confluencias. Se presenta con tan asombrosa regularidad que permite deducir que el relieve no poseía las perturbaciones aparentemente insignificantes que se observan hoy. Esa modalidad hace pensar que la llanura fue

primeramente arrasada y nivelada y luego incidida por esos numerosos cursos de agua que forman lo que clasifico como "paleomodelo".

Es una red a la que procesos de geodinámica han en parte borrado en tiempos posteriores, generándose otras perfectamente bien definidas que permiten su clasificación en modelos básicos, por lo que en territorio santafesino hoy no tenemos un avenamiento desorganizado puesto que surgieron los básicos (el emparrado, el dendrítico con sus variedades, el radial, el paralelo, etc.). La prueba de la integración se tiene cuando existe la posibilidad de intercomunicación entre las partes de cada tipo de red. Según Lueder (1959) "una configuración con alto grado de integración posee las características de que una línea trazada desde cualquier punto de una corriente a otro punto de otra corriente puede serlo a lo largo de los canales de las corrientes existentes de manera directa y clara". Esto es lo que tenemos para la red del Pavón y la de los Saladillos, tomando como ejemplos a una red del S y otra del N.

Hay que pensar que a través de los tiempos geológicos este fenómeno se ha iterado por variaciones climáticas y por la tectónica. Así nuestro paleomodelo —que es el último— resultó de un cambio climático que desorganizó las redes del *Bonaerense*, así como el clima que reinó durante éste lo hizo con respecto a las de tiempos geológicos que lo precedieron.

El paleomodelo es, posiblemente, el rasgo morfológico menos conocido pero el que influye sobre la configuración de las redes actuales, si bien con distintos alcances. Se extiende desde el pie de las Sierras Pampeanas de Córdoba, (últimas deformaciones en el borde del antepaís sudamericano) hasta el río Paraná. En esta oportunidad me detendré en el de nuestra Provincia. Su conocimiento es imprescindible en Geología aplicada tanto en Hidráulica como en vías de Comunicación, por cuanto por ignorarlo se pueden no sólo cometer errores, sino agravar condiciones que se quieren corregir.

Aceptado que el Pampeano termina con las lagunas del *Lujanense* (Pleistoceno medio, Castellanos 1956), ese modelo responde al período húmedo del *Platense* (Formación La Plata), por lo tanto es postlujanense.

No es fácil hallar buenos perfiles sobre los que basar esa interpretación. Debe tenerse en cuenta que si hubo basculamiento de dovelas y la erosión eliminó los sedimentos posteriores al *Lujanense*, las cañadas pueden haber ahondado sus lechos en los que se depositaron en tiempos del *Bonaerense* por ejemplo, y si las dovelas se hundieron y colmataron, pueden aflorar en sus ladeñas acumulaciones más recientes.

De esto surge que los fondos de los cauces rellenados varían en cuanto a impermeabilidad. Así, por ejemplo, en el último tramo del arroyo Pavón apenas aguas arriba de la cascada corta limos rojizos del *Bonaerense*, y más aguas abajo esculpió la parte más superficial de un banco de tosca del *Belgranense* medio de Ameghino.

El paleomodelo se manifiesta de un modo distinto en la pampa levantada, u ondulada, y en la pampa hundida o de las lagunas (Pasotti, Castellanos, 1966). En ésta se caracteriza por lagunas estrelladas dispuestas a lo

largo de cañadas, variando en frecuencia, extensión y profundidad, algunas con aguas permanentes; forman hileras que pueden llegar a intercomunicarse entre sí como si fuese una especie de malla (*fig. 2*) (y Pasotti 1963), pero en algunos sectores se presenta como en la pampa levantada: sin lagunas, rectas, con rumbo al NE y NNE, tal como vemos en el dorso plano de Marcos Juárez. No corresponde clasificarla totalmente como red Fantasma porque si bien en algunos sectores es caliginosa, en otros es bien definida y no impide la explotación agrícola. Cuando la red es más densa se dedican los campos a la ganadería.

El territorio santafesino está casi totalmente comprendido en la pampa levantada. La regularidad del diseño en cuanto a su trazado general es realmente notable, pero no igualmente conservado a causa de haber sido en algunas zonas eliminado de un modo parcial por erosión, entonces varía la densidad y reconocimiento de cañadas. Así su número es reducido en el sector comprendido entre el bloque, o dovela, de Uranga (Pasotti, 1971) y el río Paraná, por eso son menos fáciles de reconocer.

Las redes actuales cortan a las cañadas formando distintos ángulos, en general rectos y obtusos; a veces coinciden con las de la antigua red, pero sólo por breves trechos.

El paleomodelo se manifiesta con modalidades diferentes *en las aerofotografías* tanto en la pampa levantada como en la hundida. En la primera se suelen presentar como delgadas fajas de tinte gris oscuro, continuas o bien interrumpidas en tramos distanciados en los que hay lagunitas semi-permanentes o bien charcos, los que están tanto mejor conservados cuanto menor es el gradiente o bien si se hallan en zonas ligeramente hundidas. Aquéllas son más o menos circulares, de bordes generalmente indefinidos, o sea no limitados por barrancas, aisladas o no, distantes o no, a causa del rellenamiento de los cauces. Buenas observaciones pueden hacerse en las cañadas al S del arroyo Monje, tal como lo describí en otra ocasión (Pasotti, 1966) donde lagunas angostas y alargadas (hasta 1000m) demuestran que se deben a estancamientos en antiguos lechos.

En otros casos el tinte gris es apenas perceptible, pero auxilia la posición interpuesta de lagunitas o charcos de pocas decenas, y aún de pocos metros de diámetro. Cuando estas evidencias llegan a faltar, ayuda la ubicación de los puestos de Estancias, o de las casas de los campos, por cuanto se emplazan donde hay facilidad en el hallazgo de la capa freática para pozos de balde. A veces entre puestos distantes se vislumbran apenas puntos de tinte gris más oscuro o bien algunos charcos. En general son mejor conservadas, definidas y numerosas al N del arroyo Monje que al S, y en el oriente más que en el occidente, lo que se debe atribuir a que aquí tenemos sus tramos iniciales y por lo tanto el caudal es reducido.

Al N de la zona colinosa de Gálvez, las evidencias del paleomodelo son acentuadas por el menor ascenso del bloque.

Sobre el de Armstrong, cerca del paralelo 32° S, en el límite con la Provincia de Córdoba, posiblemente por haber aquél ascendido menos que en el S (sobre el río Carcarañá), las cañadas se presentan con un tinte gris

sumamente ténue, claro, hasta parecer esfumado, limitado o no por dos líneas muy finas más oscuras, y el conjunto a su vez más claro que el gris de los campos que atraviesan. No debe estar ajena a esta modalidad, la salinidad de los suelos. Hay puestos sobre ellas, o bien charcos temporarios; las instalaciones humanas no tienen obligadamente la ubicación indicada, pero sí es lo común. En las cañadas hay escurrimiento superficial durante las épocas de lluvia abundantes, pero son especialmente receptáculos de subterráneas. Todo esto se debe a la gran horizontalidad que se conserva aún en el llano de dicho bloque.

De un modo distinto se manifiesta cuando vamos hacia el E y nos acercamos al borde del talud que delimita por ese lado al bloque, así como en los escalones, también tectónicos, que le suceden al oriente, porque allí las aguas escurren superficialmente hasta alcanzar a la "cañada" de Carrizales, no sólo por el aumento de caudal, sino porque afloran o se elevan los acuíferos. Cerca de ese borde se inician las redes hidrográficas que van integrándose, alcanzando un diseño que permite la clasificación de su modelo.

En el terreno su expresión morfológica es más fácil de captar en unos sectores que en otros. Podemos citar al que se extiende entre el límite occidental del bloque de Armstrong (Pasotti, Castellanos, 1963) y el río Paraná, incluidas las "cañadas" de Carrizales y de Arce. Se ven, a veces, como suaves ondulaciones orientadas al NE, o sea transversalmente a las dovelas, las lluvias las surcan y pueden hasta inundar los campos.

Cuando no se perciben las hondonadas hay que valerse de los cultivos en ciertas etapas de su desarrollo, por ejemplo trigo, maíz, lino, etc., pues se presentan más altos, tupidos y aparecen más verdes, por lo que en las fotografías se manifiestan con un tinte gris más oscuro; ello se debe a que son receptáculo de aguas subterráneas. En esos momentos es fácil empantarse, así como no verse los charcos.

Dije que su número es reducido en el sector comprendido entre el bloque de Uranga y el río Paraná, por eso menos fáciles de reconocer. Una de ellas está cortada por el cauce del Pavón más o menos a la altura de la ruta nacional N° 9; fue canalizada desde ésta hasta la ribera derecha del arroyo donde termina cerca de un molino harinero; aparece luego sobre la izquierda, donde forma sobre el camino al casco de la Estancia un charco que con un canal desagüa en el Pavón; desde ese camino sigue recta al NE formando otro charco alargado y angosto, y termina en el Paraná con una incisión en la barranca. Esos accidentes aislados, pero visibles en el terreno, observados en las aerofotografías están evidentemente vinculados entre sí; lo demuestran las manchas de tinte gris oscuro que es aquí irregular, esfumado, ténue, a veces con aspecto de cañamás, o bien de líneas paralelas constituidas por sucesión de puntos negros, a causa del laboreo de los campos.

Este aspecto se repite toda vez que los valles de las cañadas son apenas marcados, en general por colmatación, o bien cuando hubo arrasamiento por erosión desatada por levantamiento tectónico con basculamiento,

como es el caso descripto. A ello se debe la casi ausencia de cañadas en la cuenca de la red del Pavón dentro de los arcos que traza éste y su afluente, el arroyo del Sauce.

En la zona de los Saladillos, al N de Santa Fe, la erosión y la sedimentación también las eliminaron en parte, como veremos al ocuparnos especialmente de aquélla.

Las *divisorias de cuencas* son en general planas, en algunos casos más que otros. Esto requiere detenidas observaciones para el reconocimiento del paleomodelo, pues allí es donde los campos son más y mejor cultivados, lo que contribuye a borrarlo. Pese a todo, quedan siempre como indicios diminutos charcos (m.40-50) de diámetro sin alineación aparente, sobre los que, por otra parte, suelen extenderse los cultivos. Es decir que si observamos fotografías aisladas de esas zonas no tendremos la sugerencia de que aquéllas hayan integrado cursos de esas cañadas.

Una imagen ilustrativa de lo expresado se tiene en la franja donde se hallan las poblaciones de Mugueta y Acebal, franja que no soportó dislocaciones locales (Pasotti, 1971).

A partir de las divisorias y descender a los valles de las redes actuales, el aspecto de las cañadas varía de acuerdo con circunstancias locales. Por ejemplo, las que afluyen sobre la margen derecha en un tramo del arroyo Saladillo antes de que corte al bloque de Pujato-Uranga, al comienzo apenas se vislumbran, hecho favorecido por la actividad agrícola, pero rápidamente se vuelven definidas, anchas y hondas, con o sin hileras de pequeños charcos en sus lechos. No obstante los reiterados intentos, los cultivos son imposibles, los que sí son factibles hasta el borde de los lechos cuando limitados por barrancas. La explicación de esta morfología debe basarse en que el Saladillo tiene una cuenca muy amplia (unos 3000 km²) por lo que por el mayor caudal ha ahondado su valle y de ahí que las cañadas tuvieran que erosionar por haber descendido el nivel de base. Agréguese a esto que se halla en la pampa levantada en la que hubo además basculamiento, lo que implica que también descendió el nivel de base de la desembocadura del arroyo en el río Paraná.

Esta observación puede resultar útil como premisa para estudios de campo.

Nuestra pampa (término quechua que significa llanura) es una sineclisa de región de plataforma, es decir una zona de relativo descenso con respecto a los macizos antiguos vecinos, con los que se pone en contacto con un plano inclinado de mayor pendiente.

Nuestra sineclisa, y no sólo la nuestra, cuenta únicamente con estudios fragmentarios. Los de vista de conjunto son pocos y como pinceladas generales; su gran extensión, la escasez de afloramientos y perforaciones son las causas de este estado de cosas. Como tal, está típicamente fracturada por fallas ortogonales que han generado bloques o dovelas. Es una inmensa cuenca (término que encierra implícitamente el concepto de hundimiento) colmatada por acumulaciones sedimentarias de distintas edades y distribución, de las que poco conocemos por las causas apuntadas. Esto

hace que no podamos detenernos al querer hablar de su estructura en cuanto a naturaleza, espesor y disposición de las capas; sólo tenemos algunas sugerencias de superficies de erosión, como por ejemplo la que fue surcada por el paleomodelo que estamos tratando.

A nuestro entender, debemos atribuir a la tectónica todas las modificaciones morfológicas posteriores a esa antigua red, sin por eso negar la influencia climática, tal como lo puse en evidencia en el estudio del arroyo Pavón, trabajo que representa un análisis de detalle.

En las sineclisas los movimientos tectónicos son de reducido alcance y de acuerdo con algunas observaciones que hemos podido llevar a cabo en el SW de Santa Fe, las dovelas en que está fracturada la cuenca no han descendido o elevado en el mismo sentido de un modo continuo, sino que ha variado en el tiempo. Si bien las que se hallan en la pampa hundida han soportado un descenso general, así como en la pampa levantada se han elevado y basculado de conjunto, sus dovelas se movieron independientemente unas con respecto a las lindantes y con velocidades distintas. Es sabido que este es un rasgo propio de las cuencas sedimentarias.

A juzgar por el comportamiento de las capas marinas del *Paranense* de Doering, dejadas por la ingresión del mar Entrerriano (Mioceno superior) es evidente que en ella el eje de máxima subsidencia se ha ido desplazando hacia el occidente.

Lo que no podemos entrar a analizar es si y cómo las capas sedimentarias han acompañado al movimiento de los bloques, porque no contamos con los elementos de juicio para llevar a cabo un estudio sistemático de la sedimentación.

Dejo aclarado que suelo emplear el término “falla” por cuanto considero que las dislocaciones que vemos en superficie responden, reflejan las que han de presentar el basamento cristalino y los posibles mantos rígidos (basalto y areniscas) que lo cubren, pero ellas se suelen manifestar como flexuras. Sea un ejemplo la del último tramo del Pavón (SW—NE), que morfológicamente tiene sobre su ribera izquierda una dovela levantada con respecto a la de la derecha, pero sobre ambas se tiene la misma sucesión estratigráfica.

Dadas las dificultades aludidas, el comportamiento de las redes hidrográficas que se superpusieron al paleomodelo, nos resultan sumamente útiles para el reconocimiento y localización de las dovelas, para definir sus movimientos de conjunto y relativos. Para evidenciar todo esto nos valdremos de unos ejemplos los que en lo que atañe al objeto principal de este trabajo, el paleomodelo, en territorio santafesino son numerosos, por lo que aquí resumiré dos de ellos.

El reconocimiento de pequeñas dislocaciones en el terreno suele ser muy difícil por lo insignificante de los desniveles y por la actividad agrícola que los suaviza, modifica y hasta elimina. Afortunadamente para algunas zonas contamos con la ayuda de mapas con planimetría fotogramétrica y aerofotografías; gracias a ellos hemos podido reconocer que el Bañado de Quirno, perteneciente a la red del Pavón, es el resultado del descenso del

lado SW de una dislocación de unos 12 km. de largo cuyo rumbo, NW—SE, es el mismo del de todas las dovelas, o bloques, en que está fracturada la pampa levantada, al S de Cañada Rosquín-Gálvez.

En la *fig. 3* se ve claramente cómo ocho cañadas del paleomodelo, al llegar a esa dislocación, se desvían de un modo que no da lugar a dudas sobre la causa de la formación del bañado y cambios de rumbo. Otro ejemplo es el arroyo Bajo del Arbol que vierte sus aguas en la “cañada” de Carrizales. Se forma de la unión de cuatro breves cañadas, cuyas nacientes se hallan cerca del borde superior del talud oriental del bloque de Armstrong; cuando llegan al pie, al alcanzar la cota 67 las dos del NW se desvían al SE, las dos del SE lo hacen al NW, se unen tras las desviaciones que tienen lugar a lo largo de una línea recta de rumbo NW—SE. En ese punto nace el arroyo. Sus anteriores continuaciones al NE se reconocen en el primer escalón tectónico adosado al citado bloque y son alimentadas sólo por las lluvias. También no caben dudas de que esas desviaciones se produjeron a lo largo de una dislocación. El desnivel entre el labio levantado y el hundido, como en el bañado de Quirno, es de un poco más de seis metros.

Sus nacientes se pueden localizar cerca del borde occidental del bloque tectónico, pero sus cursos superiores al llegar al oriental se desvían al SE; dos pasan al N y S de Las Parejas (Pueblo Elisa) después se unen para luego desembocar en el Bajo de Los Leones y formar así el arroyo Bajo de Los Perros o de Las Totoras.

Otro aporte al estudio de la Neotectónica es el comportamiento del paleomodelo en el modelo *Radial*. Los dos ejemplos con que contamos en algo se asemejan al que asumió Howard (1967) para crear el modelo palimpsesto.

Se denomina radial cuando los cursos de agua se disponen como rayos, o radios, con respecto a un punto central, y se forman donde hay volcanes, domos o remanentes de erosión (colinas, cerros aislados cónicos o subcónicos), indica la presencia de un relieve más elevado rodeado por una zona llana sobre la que se destaca. Nuestra Provincia no posee ni volcanes, ni domos, ni fue surcada por cursos de agua que, por erosión divagante, nos dejaran testimonios de un nivel más alto.

Ambos fueron tratados en trabajos anteriores (Pasotti, Castellanos, 1963; Pasotti, 1966) por lo que aquí lo hago sintéticamente.

Al N de la ciudad de Gálvez existe una zona colinosa que estaba surcada por el paleomodelo antes de que se produjera el levantamiento de un bloque pequeño a grandes rasgos de contorno triangular que basculó levantándose en el E. Las aguas de lluvias ahondaron los valles de las cañadas y en los interfluvios modelaron colinas que están también alineadas de SW a NE. La más alta, y al mismo tiempo de mayor extensión, tiene como cota culminante m. 92,40. La ciudad de Gálvez situada a su pie, al S, llega a 53 m. y Loma Alta, en el E, a 47 m.s.n.m. (*figs. 4 y 5*).

Las precipitaciones al descender divergentemente desde esas cumbres fueron esculpiendo el modelo radial centrífugo que no se reconoce sólo en

las aerofotografías sino también en el terreno. Ellas causaban las inundaciones en la ciudad, hasta que con obras de canalización se las desvió al E. Por los valles ahondados del paleomodelo las lluvias escurren desde las partes más altas hacia el NE y el SW, lo que evidencia que la velocidad del levantamiento fue superior a la de la acción erosiva de las aguas en los cauces del avenamiento antiguo, lo que no dio lugar a antecendencia.

El segundo ejemplo corresponde al morrito de Monasterio. Consta de una sola colina cuya cumbre ostenta el punto más elevado de nuestra Provincia, 133,60 m.s.n.m. así como otros aislados de 130 m. Se halla en el vértice SW del bloque de Armstrong que tiene en el lado meridional su máximo levantamiento. (fig. 6). Está rodeada por el W, SW y S por el río Carcarañá que forma un gran arco entre la ciudad de Cruz Alta y San Ricardo. En ese morrito se reconocen con facilidad las cañadas del antiguo modelo; a su vez el radial es típico. Las aguas de lluvia llegan al río descendiendo divergentemente por las laderas W, SW y S, sin provocar las graves inundaciones como las que se registran en Gálvez porque no existen poblaciones a su pie, pero afectan a los suelos, por lo que la erosión ha sido clasificada como "grave" y "severa" (Bellón, 1957). La localidad de San Ricardo se halla emplazada al pie de la ladera NE del morrito del que está separada por una cañada de dirección anómala con respecto a todas las que afluyen al Carcarañá (fig. 6). Otra diferencia entre ambos ejemplos es que mientras la zona colinosa de Gálvez se destaca de la llanura que la rodea (fig. 4 y 5), al morrito de Monasterio se lo reconoce por el modelo radial y la modalidad en el parcelamiento de los campos; para percibirlo en el terreno hay que ubicarse en el valle de la cañada de San Ricardo y mirar hacia el W.

Al N de la zona de colinas de Gálvez, cañadas, arroyos y ríos cuando son forzados a desviarse, lo hacen hacia el meridión. Las primeras en casi todos los casos, al sumarse los caudales, originan arroyos que toman dirección al S. Esto demuestra que las fracturas corren con ese rumbo, y por lo tanto el andamiento de las aguas superficiales en el N de la Provincia es distinto al del S, en donde fracturas, dovelas y pótamos van NW-SE y SW-NE.

Ex professo en la fig. 1 no se han representado las redes que surcan al bloque de Armstrong y a los escalones tectónicos que le suceden al E, para dar más evidencia al contraste entre las del S y las del N.

Une a ambas una faja angosta de dirección general SW-NE caracterizada por elevarse en ella la zona colinosa de Gálvez y por los arcos cóncavos al NE, casi paralelos entre sí que siguen el arroyo de Los Troncos y un tramo del Colastiné (fig. 7), los taludes que delimitan dovelas, el del levante de la "cañada" de Rosquín y el oriental y occidental del bloque de Armstrong. En otras palabras, esa franja enlaza las dislocaciones o fracturas del S con las del N, que no son pues continuas y paralelas al Paraná, sino constan cada una de dos tramos rectos vinculados por arcos de pequeño radio de curvatura. Este rasgo es visible gracias a las redes hidrográficas del pasado y actuales, que nos ponen frente a otra manifestación de la Neotectónica en nuestra llanura.

Analizando ahora, aun sea ligeramente, el comportamiento de las fracturas en la parte norte, vemos que no afectan, que no penetran en el cuerpo del gran bloque del occidente, así como tampoco acontece en la mitad sur, que es la que se extiende desde la faja de enlace hasta su terminación morfológicamente visible sobre el río Carcarañá; pero en el talud oriental de esa mitad norte, al S de Rafaela y W de Angélica, aparece a su largo la primera de ellas. Es de breve longitud (unos 30 km.) y paralela a las isohipsas; las lluvias han labrado una hondonada en la que la cota 75 sobre la margen derecha es continua y paralela a las otras isohipsas de mayor altitud que le suceden al occidente, mientras que la 75 del oriente consta de una sucesión de áreas cerradas. Las aguas forman la cañada de Romero o arroyo Corralito, que al S de San Vicente gira al E y desagua en el arroyo Colastiné. Este a su vez, se inicia al levante del anterior a la altura de Pilar con un tramo N—S, que al llegar a las colinas de Gálvez, dibuja un arco y se dirige al Paraná (*fig. 7*). Más al NE aún corre el arroyo Cululú cuyo eje colector, que hago iniciar al W de una línea que una La Pelada con María Luisa, es a grandes rasgos paralelo a los dos nombrados y al río Salado. Se sabe que este gran curso de agua cruza primero a Santa Fe con dirección chaqueña (NW—SE) luego bruscamente gira al meridión trazando el “codo de San Andrés”.

Por su parte los arroyos Saladillo Dulce y Saladillo Amargo (al E del anterior) hacen lo propio, así como el arroyo que resulta de la confluencia de estos dos.

Dada la importancia, desde muchos puntos de vista, de la zona conocida con el nombre de “los Saladillos”, el modelo de su red hidrográfica merece una especial atención por cuanto contribuye a la interpretación de la Neotectónica de nuestra Provincia. Además, por lo que vemos, son numerosas las sugerencias de que también la mitad septentrional de ella está densamente fracturada.

El diseño de esta red tan interesante y complicada es el *Paralelo* (*fig. 1*).

Se extiende desde el límite norte de la Provincia hasta casi la ciudad de Santa Fe. Los cursos que la integran, contrariamente a lo que podría esperarse cuando el avenamiento se origina en condiciones normales sobre una roca de base con los caracteres de textura y estructura aquí presentes, no asumen diseño dendrítico sino que corren paralelos entre sí. Tienen por lo tanto un modelo propio de regiones con otros tipos de afloramientos rocosos.

En la zona de los Saladillos, a los fines aquí tratados, incluyo al Sistema Golondrinas-Salado al que se puede asumir como linde occidental con los “Bajos Submeridionales” (Gollán, 1939), y al oriente el curso del río San Javier que se halla en la planicie de inundación del río Paraná. Tiene como frontera N a la Provincia del Chaco y converge hacia la capital de la de Santa Fe. Se trata pues de un modelo paralelo con tendencia a concentrarse tras largo recorrido.

Está ubicada sobre un bloque (no domo) tectónico más elevado que

los dos lindantes; el del E con modelo anastomosado y el del W, los citados "Bajos"; en él a su vez, hay una faja de menor altitud que es precisamente la de los Saladillos.

Pues bien, todo ese gran bloque tanto en las partes más elevadas como en las hundidas, está surcado de SW a NE por el paleomodelo que, lógicamente presenta diferencias entre las primeras y las segundas. Se lo ve hasta llegar a la zona de los Saladillos en donde está erosionado y borrado por los desbordamientos del río Paraná. Sólo se lo vislumbra en el extremo septentrional.

En el terreno, en la faja más elevada, (sobre la que en el S se halla Nelson y más al N la ciudad de San Justo), se lo reconoce por las hondonadas suaves y paralelas con rumbo al NE en las que escurren las lluvias; en la baja se las puede visualizar sólo valiéndose de las aerofotografías. En la última son lagunitas más o menos circulares en hileras, pero aisladas y distantes y como esfumadas por la erosión a que aludí. Sobre él se superpone el modelo paralelo al que, en el S, se le han agregado otros modelos más, lo que vuelve sumamente complicada su investigación tanto del punto de vista científico puro como aplicado.

Todos los investigadores coinciden en que el avenamiento paralelo se presenta: *a)* donde hay pendientes pronunciadas; *b)* donde existen controles estructurales por estructuras plegadas o falladas.

Para ser considerado como modelo paralelo, las corrientes deben fluir casi paralelas unas a las otras en áreas considerables, o en número sustancial de casos sucesivos, por lo que se le denomina también "cauda equina", o cola de caballo.

Fallas paralelas pueden originar crestas y valles paralelos con la consiguiente configuración paralela. En el sector en estudio no estamos frente al caso *a*. El detalle que expongo a continuación lleva como finalidad excluirlo. Para el cálculo de los valores se han tomado puntos acotados o puntos trigonométricos.

Las pendientes son, hasta lo que sabemos en esta etapa de nuestros estudios, entre las más bajas que hemos hallado en la Provincia de Santa Fe y muy inferiores a algunas de la de Buenos Aires consideradas como excepcionales. Aclaro que no incluyo a las áreas anastomosadas, y dejo asentado que no poseo datos de la zona comprendida entre los paralelos 28° y 30°S para la que no conté con relevamientos suficientes y necesarios.

Saladillo Amargo: desde el paralelo 30°S (cota 28 m.) hasta la unión con el Saladillo Dulce (a la altura de la localidad de Las Cañas, cota 16,92 m.), desnivel m. 11,08 sobre un largo de unos 102 km. en línea recta; pendiente 0,108 ‰, o sea 0,108 m/km.

Saladillo Dulce: desde el paralelo 30°S (cota 31 m.) hasta dicha confluencia (cota m. 16,92), desnivel m. 14,08 y pendiente general 0,138 ‰, o 0,138 m/km.

Pero si calculamos a ambos entre el paralelo 30°S y la entrada del Saladillo (resultante de la unión de los anteriores) en la laguna El Capón o

San Pedro (cota m. 14,50) a lo largo de una línea de unos 138 km., tenemos para el Saladillo Amargo m. 13,50 y 0,096 ‰ de gradiente, y para el Saladillo Dulce respectivamente m. 16,50 y 0,141 ‰. Son por lo tanto gradientes insignificantes que excluyen el factor *a*), o sea: pendientes pronunciadas.

Los datos estratigráficos de que dispongo son escasos para poder basar la interpretación de un sistema de fallas o fracturas, pero se conoce que perforaciones hechas en la zona de los Saladillos han evidenciado la existencia de dislocaciones en las capas de arcilla verde del *Paranense* de la ingresión del mar Entrerriano. La principal fuente de sugerencias es la morfología de todo el territorio santafesino.

Dije que en el gran bloque (no domo) al oriente de los “Bajos Submeridionales” podemos diferenciar dos fajas alargadas N-S; la occidental, más alta limitada al W por el borde que desciende a dichos “Bajos”, y al E por un gran talud bien definido de unos 30 m. de desnivel (56,5 – 27,20) y 7,3 ‰ de gradiente, o sea marcado. A la latitud de Cacique Ariacaiquín tiene adosado un pequeño bloque en forma de cuña, lo que hace aparentar como si ese talud se bifurcara. El occidental gira rápidamente al SW y tiene 25 m. de desnivel a lo largo de 3 km., y 8,33 ‰ de pendiente; al oriental lo acompaña el Saladillo Amargo hasta la altura de Las Cañas para doblar él también al SW con gradiente de 16,60 ‰, valor muy llamativo en zona tan llana como la nuestra.

A su vez, el plano de la faja más alta entre el paralelo 30°S y la latitud de Cacique Ariacaiquín, tiene un desnivel de m. 22,30 y una pendiente de 0,277 ‰, pero con un gradiente de SW a NE que oscila entre 1 m. a 2 m/km., lo que explica el escurrimiento de las lluvias, y cañadas del paleomodelo, hacia el Saladillo Amargo.

La dovela baja situada al levante de la anterior es marcadamente anegadiza; su ancho entre el pie del talud oriental de la más alta y el río San Javier, es de unos 60 km. Aproximadamente en el medip de ella y según los meridianos, hay una sucesión de elevaciones alineadas y discontinuas, planas y alargadas de poca altura sobre las que se emplazaron poblados como el de Cacique Ariacaiquín, y Colonia La Brava más al N de la anterior. La primera a 25 m.s.n.m. entre 23 m. al W y 21 al E; la segunda a m. 27,10 entre 23 m. tanto al W como al E. Contra ella —al oriente— corre adosado el Saladillo Dulce.

En esa franja escurren pues hacia el S el Saladillo Amargo contra el gran talud de la dovela occidental alta, y el Dulce tal como acabo de indicar. Distan entre sí de 15 a 20 km.; el gradiente calculado de W a E entre el pie del bloque más alto (26 m.) y el meridiano 60°W (23 m.), dato éste con el que cuento con seguridad, es de 0,065 ‰ en un ancho de unos 40 km. Tenemos por lo tanto no sólo pendiente al S sino también hacia el levante. Un albardón bien definido hasta Helvecia la separa de la llanura aluvial del Paraná en la que el río San Javier serpentea contra él.

En esta zona se ha establecido la existencia de dos fallas. Según Castellanos (1960) a la más oriental la seguirían primero el arroyo del Rey en

el N, luego el Saladillo Dulce, y después de Las Cañas el curso resultante de la unión de los Saladillos, la otra dislocación es recorrida por el Sistema Golondrinas-Salado y limita al bloque oriental por el poniente.

Considero que entre las dos existe otra dislocación similar y paralela a las anteriores y a la surcada por los arroyos Cululú, Colastiné y Corralitos; en ella está encauzado el Saladillo Amargo.

De esto emana que la dovela oriental baja está fracturada en dos, y que la elevación longitudinal, Cacique Ariacaiquín-Colonia La Brava, representaría el borde E de la occidental levantado por basculamiento. Sus límites serían pues, el Saladillo Amargo al poniente, lado que descendió, y el Dulce al levante. Esto concordaría con la fracturación, en profundidad, de las capas del *Paranense*. El basculamiento está evidenciado por la sucesión de zonas anegadizas y lagunas —temporarias o no— situadas al pie del talud del bloque de Nelson-San Justo, vinculadas entre sí por el Saladillo Amargo.

El bajo valor de los gradientes de los Saladillos ha de deberse a colmatación, a nivelación, causada por la poca velocidad en el trecho inferior. Las aguas terminan en una sucesión de lagunas (El Capón o San Pedro, Leyes, Setúbal, etc.) y la pendiente general entre Las Cañas y la citada en último término es de 0,054‰, con un desnivel de m. 4,92 sobre una distancia de unos 90 km. en línea recta.

Tanto por el modelo de la red como por la inclinación y dirección del escurrimiento, se deduce que el bloque, que descendía hacia el E, ya fallado se inclinó al meridién obligando a las aguas a encauzarse y avenar en líneas de debilidad por fracturas paralelas. Baso esta interpretación sobre la morfología del curso del Saladillo Amargo, que demuestra que primeramente se formaron las dovelas, que bascularon, esto generó las zonas anegadizas al pie del talud del bloque Nelson-San Justo las que, al producirse la inclinación se fueron comunicando originándose así un curso de agua que es precisamente el Saladillo Amargo. Este hecho no se repite en otras partes de nuestro territorio, lo que refuerza la interpretación de que la dovela baja oriental se movió independientemente y tal como acabo de interpretar.

Esto implica admitir una dislocación de rumbo W—E que permitiera el descenso del bloque en el S. A este respecto hago notar que el canal principal del Paraná al llegar a la latitud de la ciudad de Santa Fe, tiene un breve trayecto E—W entre dos ángulos casi rectos, uno con el que lo precede aguas arriba, el otro con el que le sigue aguas abajo.

El descenso hacia el S produjo el retroceso de las cabeceras hacia el Chaco (Gollán, 1939), a lo que se deberían las capturas de algunos cursos de agua de dicha región cuyo avenamiento es, como se sabe, NW—SE. Los cursos más nordorientales que integran el modelo paralelo de Santa Fe constan pues de dos partes distintas: una de rumbo NW—SE que es la de los tramos chaqueños capturados, otra casi N—S que es la de los cursos santafesinos.

Además de los caracteres expuestos, los Saladillos tienen otro tipo de modelo: el básico modificado *Anastomósico* o *Anastomosado*, en el que un canal se encuentra en comunicación con otros mediante ramas colaterales. Tiene su mejor expresión morfológica en el último tramo y después de la unión de los dos cursos de agua. También ese modelo demuestra la insignificante pendiente de la faja más baja.

Aquí no terminan las complicaciones de la zona de los Saladillos, pues tanto éstos como los ríos San Javier y Salado son muy meandrosos y en algunos trechos presentan otro modelo de corriente: el *Trenzado*. Caracteriza éste a las áreas llanas niveladas, e indica que una corriente fluvial se encuentra incapacitada para trasportar todo el caudal sólido de que está cargada. Se suele producir cuando hay una excesiva contribución de carga de la corriente principal a causa de una súbita pérdida de gradiente, así como indica cambios litológicos. En este modelo las aguas fluyen en numerosos canales divididos que se vuelven a unir originándose así obstáculos causados por los sedimentos depositados por la corriente (definición del Physiographic Comité del U.S. Geological Survey).

Si los Saladillos no meandrificaran, podríamos pensar que los trechos trezados respondieran a una local pérdida de gradiente. No obstante no haber hecho un análisis sistemático y detallado de las pendientes a lo largo de todos sus recorridos, no graficado los perfiles de equilibrio, creo que no se debe a ese proceso, sino a que a la inclinación general reducida se sumó la acumulación sedimentaria. El Paraná, con sus desbordamientos ha de haber contribuido a su nivelación. La inclinación debía ser mayor en un comienzo.

A todo esto hay que agregar la persistencia del paleomodelo en las partes que fueron poco o no erosionadas, o donde fue sepultado por la acumulación dejada por aquel río. Los restos de cañadas se suelen cortar con ángulos obtusos abiertos hacia el NW y el SE; en ningún caso coinciden. Sus hondonadas pueden estar colmatadas, pese a lo cual al intersectarse con los otros modelos influyen sobre ellos. Conviene tenerlo en cuenta cuando se proyectan obras de canalización, rectificación, saneamiento, por cuanto es muy posible que pasen inadvertidas en un estudio sobre el terreno si éste no está precedido por un sistemático y detallado análisis de aerofotografías.

La influencia de esas cañadas se manifiesta de modos distintos: ser recorridas por las lluvias durante los momentos de precipitaciones intensas; constar de sedimentos sueltos, no compactados, porosos, permeables, de reducida resistencia, de fácil desmoronamiento en casos de cortes artificiales; ser portadoras de capas acuíferas.

Este es sólo un panorama muy general de la zona de modelo paralelo de Santa Fe, el que requiere estudios detenidos, apoyados sobre datos que arrojen una distribución racional de numerosas perforaciones, y perfiles estratigráficos.

Ahora bien, hay sectores de la llanura argentina, por ejemplo en la provincia de Buenos Aires, que se hallan en la pampa hundida, o pampa de

las lagunas, en las que los gradientes son superiores a los que hemos estado considerando para la zona de los Saladillos. Así, cerca del eje del valle del río Salado de dicha provincia, es de 0,25 ‰ (m. 0,25/km.) y alejándose de aquél, en el S por ejemplo, llega a m 1/km. Sin embargo, en ella se carece de redes hidrográficas; es lo que se comprende con el nombre de “arreísmo”, típico avenamiento de regiones de clima semiárido, pero en la región bonaerense aludida las precipitaciones alcanzan los 800-1.000 mm. anuales (Tricart, 1968). Si en el sector de los Saladillos no se repite este hecho (arreísmo), se debe a que las dislocaciones indicadas, que a mi juicio generaron el modelo paralelo, encauzaron las aguas a las que la inclinación del bloque obligó a avenar hacia el S. Gracias a esto no tenemos aquí las inundaciones graves que se producen en aquella provincia. Esto no impide que los suelos, así como las aguas de las cañadas, se enriquezcan en sales.

Para terminar y captar el alcance de la trascendencia del paleomodelo en *Geología aplicada a la Ingeniería*, he elegido como ejemplos la influencia de sus cañadas sobre centros urbanos. Uno de éstos es la ciudad de Gálvez, situada al E del arco que traza la “cañada” de Rosquín, resultante ésta del hundimiento de una dovela en arco (Pasotti, 1966).

Con la ayuda de aerofotografías, y sólo con ellas, vemos a una de esas antiguas cañadas iniciarse en el borde superior del talud que delimita por el E a la “cañada”, seguir con rumbo al NE y alcanzar a la planta urbana de aquélla en su vértice NW, y reaparecer en el NE del ejido saliendo por su lado N. La no percepción entre los dos tramos se debe a la edificación, pero no caben dudas de que la atraviesa en ese extremo NW. A su largo las aguas escurren según ese rumbo como subterráneas, resultantes de la infiltración de las lluvias. Este hecho influye en el trazado de redes cloacales, conductores eléctricos, etc., sobre las construcciones que requieren fundaciones profundas y subsuelos, los que pueden inundarse, especialmente durante la estación de las lluvias. Además, por tratarse de un valle colmatado por sedimentos más recientes, del punto de vista de la Geotecnia tienen un comportamiento distinto como terrenos de fundación con respecto a los de las zonas lindantes, constituidas por sedimentos más antiguos y por lo tanto como norma general, más compactos e impermeables.

Otro ejemplo es la cañada de Soldini que se inicia en una indefinida divisoria con el arroyo Saladillo (límite sur de Rosario), pasa al E de esa población e integra la red del arroyo Ludueña en cuya cuenca se eleva la ciudad. Por su hondonada escurren al NE las lluvias, a las que se le agregan las del Saladillo cuando sale de madre sobre la ribera izquierda. Esos desbordamientos tienen lugar sólo en el tramo en que este curso surca transversalmente a una dovela hundida, y afectan a nuestra ciudad. Como expresara (Pasotti, 1969), “bastaría la presencia de un albardón natural o artificial para evitar esas desastrosas consecuencias”; en otras palabras, bastaría la construcción de un terraplén para aminorar los desbordamientos del arroyo sobre esa margen.

La existencia del paleomodelo no siempre es negativa pues puede ayudar a resolver problemas. Por ejemplo, se podría desviar al último tramo

del arroyo Ludueña con un canal, sin dudas profundo, a lo largo de uno de los valles de una antigua cañada que se puede reconocer sin dificultad en el terreno inmediatamente al meridión del puesto de la Policía Caminera en la entrada Norte de la ciudad, y donde termina la avenida de circunvalación. Es la más profunda, y posiblemente corresponda al trazado del arroyo antes que fuera obligado a desviarse al S y al E por causas tectónicas.

Sobre las posibilidades económicas de las obras sugeridas, tienen la palabra los técnicos.

En este trabajo al igual que en otros anteriores, sólo expongo con grandes pinceladas, rasgos generales que pretenden dar únicamente una visión de conjunto necesaria para los de detalles, puesto que éstos sin aquéllos son muy difíciles de abordar especialmente para zonas planas como lo es nuestra llanura pampeana. Asimismo, ahora como en otras oportunidades, reconozco que esto es delicado, que pueden cometerse errores y que ulteriores análisis de detalle pueden ratificar —o bien rectificar— las opiniones vertidas.

RESUME

On remarque l'existence d'un paléomodèle de réseau hydrographique qui sillonne le territoire "santafesino" de SW à NE, et son influence sur d'autres modèles d'un âge postérieur, lesquels se trouvent superposés au paléomodèle mentionné.

Parmi ces modèles, on envisage seulement l'étude de deux: le radial et le parallèle; on interprète leur genèse, leur importance et leur gravitation.

Le besoin de la connaissance du paléomodèle préalable à la réalisation de travaux de génie est mi en évidence. A la fin on remarque aussi, la transcendance de ravins appartenant à ce modèle, sur deux centres urbains.

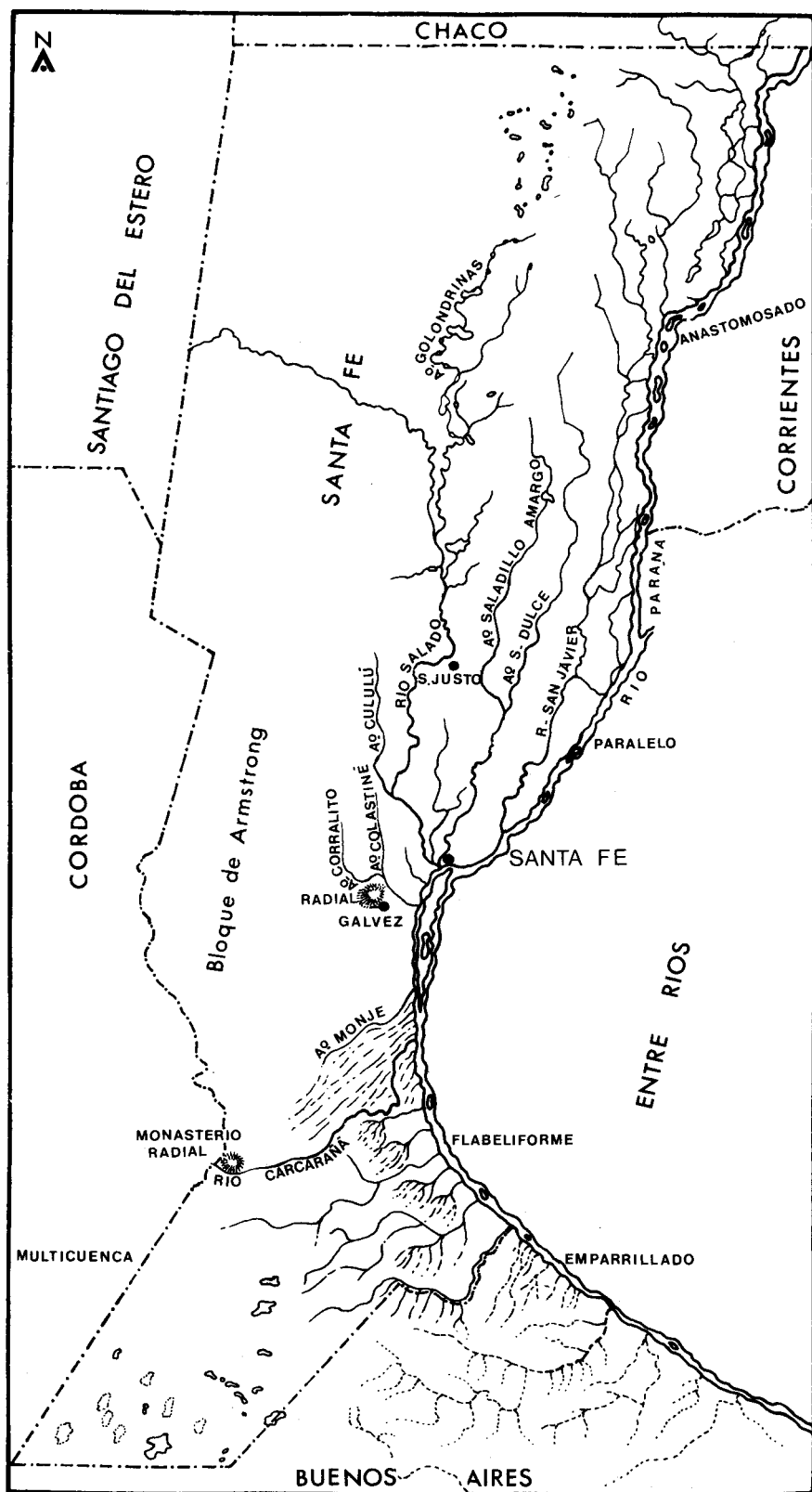


Fig. 1 — Algunas redes hidrográficas de la Provincia de Santa Fe.

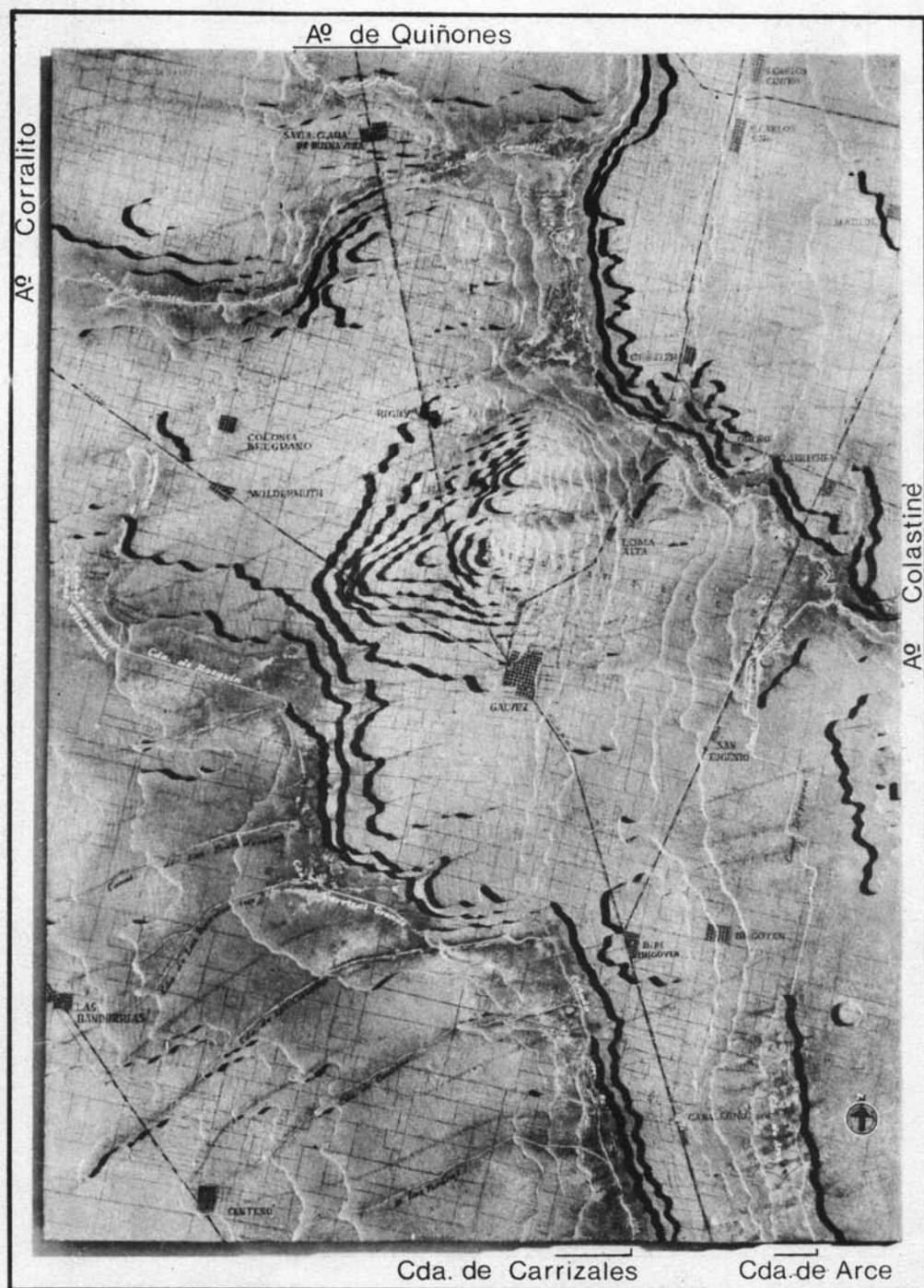


Fig. 4 — Maqueta de la zona de colinas de Gálvez. Se destacan arco formado por el A° Colastiné y el de la Cañada de Rosquín y las cañadas Carrizales y Arce.

Escala horizontal: 1: 100.000
Escala vertical: 1: 1.666,66

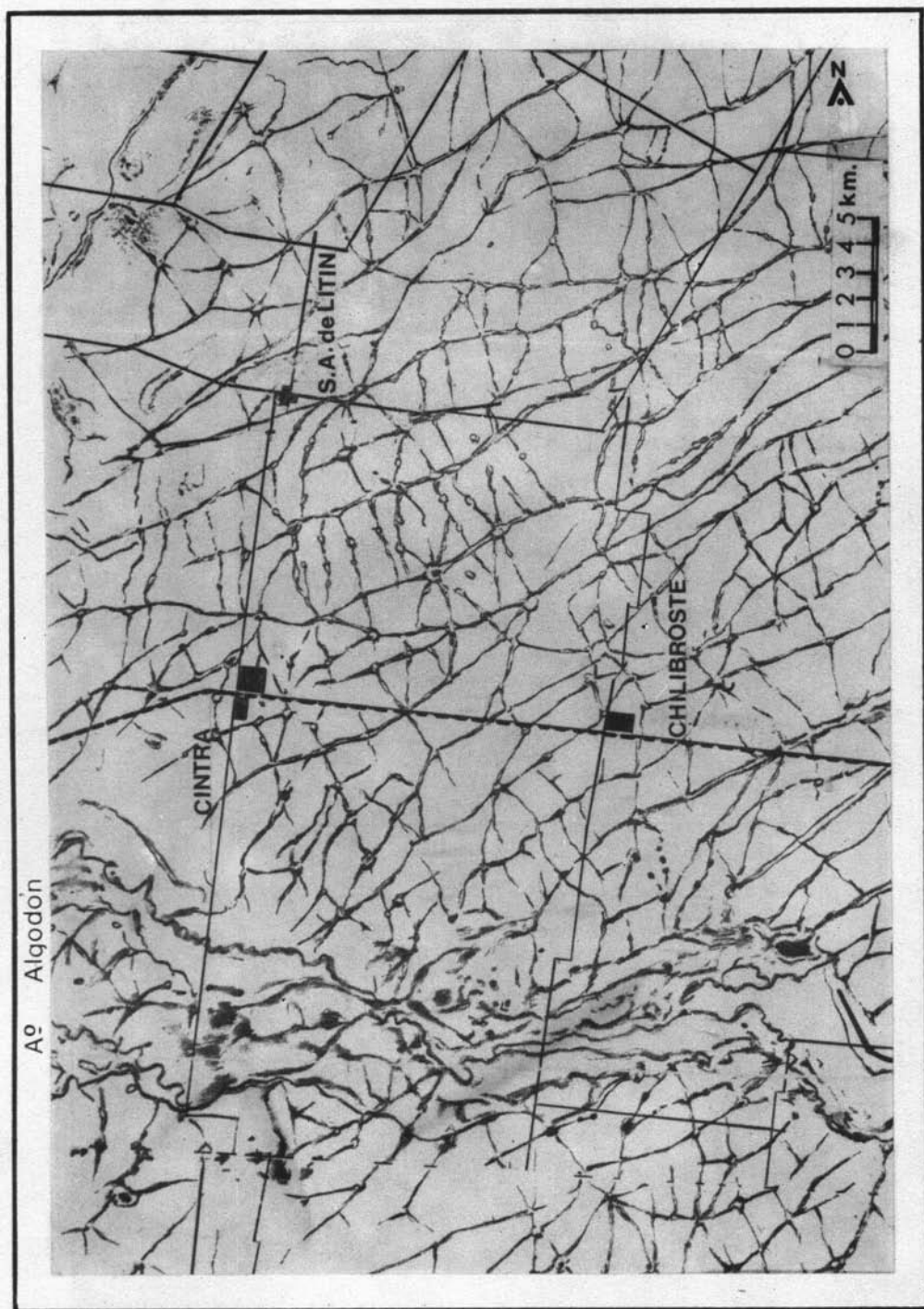


Fig. 2 — Redes en formas de malla con lagunas estrelladas en la llanura cordobesa.

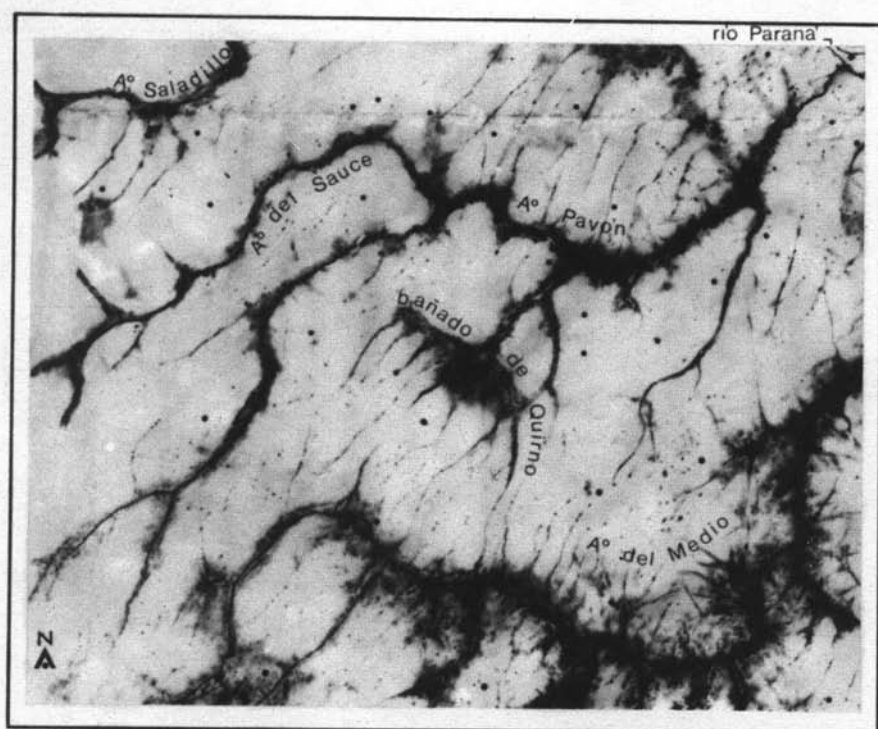


Fig. 3 — Bañado de Quirno. Perteneciente a la red del A° Pavón.



Fig. 5 — Terminación SW de la zona colinosa de Gálvez, vista desde el S.

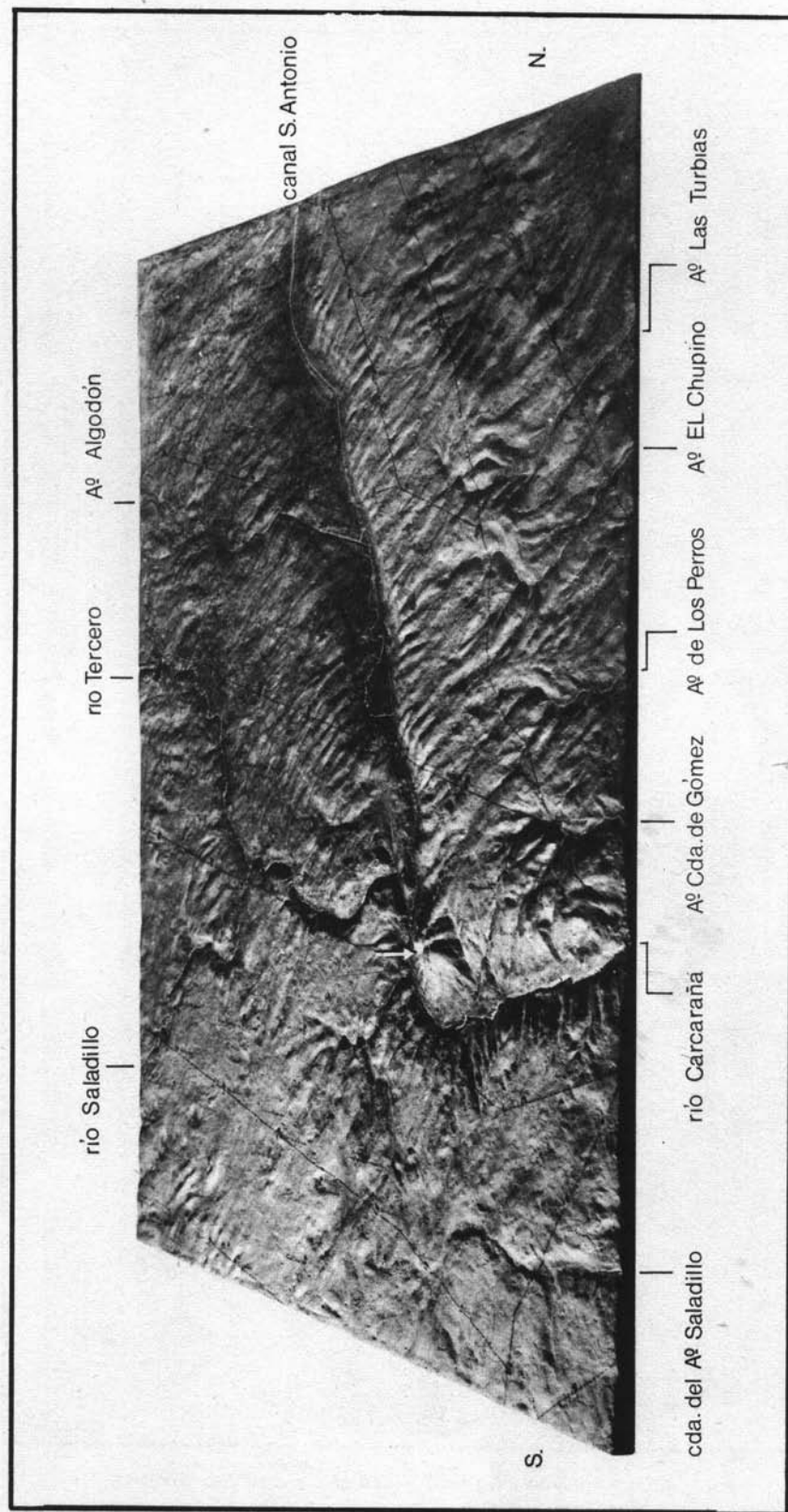


Fig. 6 — Maqueta del lado  del bloque tectónico de Armstrong en el que se divide el morrito de Monasterio. (flecha)



Fig. 7 — Arroyo Corralito o Romero, A° Colastiné y A° de Los Troncos.

BIBLIOGRAFIA

- BAULIES, OSCAR; CASTELLANOS, ALFREDO; y PASOTTI, PIERINA, 1956. "*Homenaje a Florentino Ameghino en el centenario de su Natalicio (1854-1954)*". **Asociación Cultural de Conferencias**, Rosario.
- BELLON, CARLOS, et alt. 1957. "*La erosión del suelo en la cuenca occidental del Carcarañá*". IDIA, N° 120, Buenos Aires.
- CASTELLANOS, ALFREDO, 1960. "*Algunos aspectos geográficos de los afluentes santafesinos del río Paraná*". Bol. N° 2 Filial Rosario de la **Sociedad Argentina de Estudios Geográficos** GAEA, Rosario.
- GOLLAN, JOSUE y LACHAGA, DAMASO, 1939. "*Aguas de la Provincia de Santa Fe. Primera contribución a su conocimiento*". Ins. Experimental de Investigaciones y Fomento Agrícola Ganadero, Publ. N° 12, Santa Fe.
- HOWARD, ARTHUR D. 1967. "*Drainage Analisis in Geologic Interpretation: a Summation*". **The American Association of Petroleum Geologist**. Bulletin. V. 51, N° 11, Tulsa.
- LUEDER, D. R. 1959. "*Aerial Photographic Interpretation (Principles and Applications)*". New York.
- PARVIS, MERLE, 1950 "*Significance in Airphoto Identifications of Soils and Bedrocks*". Photogrammetric Engineering Vol. 16, N° 5.
- PASOTTI, PIERINA, 1963. "*Algunos rasgos morfológicos de la llanura cordobesa entre la dislocación de San José del Salteño y el meridiano 62° 45' W*". **Boletín de Estudios Geográficos**, N° 41, Vol. X, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- PASOTTI, PIERINA y CASTELLANOS, ALFREDO, 1966. "*Rasgos geomorfológicos generales de la llanura pampeana*". **Conferencia Regional Latinoamericana de la U.G.I.**, T. III, págs. 96-104, México.
- PASOTTI, PIERINA, 1966. "*Geomorfología de las cañadas de Rosquín y de Carrizales y zonas aledañas*". **Instituto de Fisiografía y Geología**, Universidad Nacional del Litoral, Publ. L, Rosario.
- PASOTTI, PIERINA, 1969. "*Interpretación de algunos rasgos morfológicos en el oriente de la llanura pampeana en la Provincia de Santa Fe*". **Inst. de Fisiografía y Geología**, Universidad Nacional de Rosario, Notas N° 3, Serie A. Rosario.
- PASOTTI, PIERINA 1969. "*Morfología general del sector suroeste de la Provincia de Santa Fe en la "pampa hundida" o "pampa de las lagunas"*". XXXI Semana de Geografía. **Sociedad Argentina de Estudios Geográficos** GAEA, Bariloche. (Inédito).
- PASOTTI, PIERINA, 1971. *Influencia de un paleomodelo de red hidrográfica en la llanura de la Provincia de Santa Fe*". **5° Congreso Nacional del Agua**. Vol. II, Santa Fe.
- PASOTTI, PIERINA, 1971. "*El arroyo Pavón. Morfología de su cuenca y modelo de red hidrográfica*". **Inst. de Fisiografía y Geología**. Universidad Nacional de Rosario, Publ. LVI, Rosario.
- TRICART, JEAN, 1968. "*La Geomorfología de la Pampa deprimida como base para los estudios edafológicos y agronómicos*". INTA, "Plan de Mapas de Suelos de la Región Pampeana". (Inédito), Buenos Aires.