

Dr. JOAQUIN FRENGUELLI

27 41 1928
FRENGUELLI

15

LAS BARRANCAS

DEL

PUERTO DE ROSARIO

APUNTES SOBRE SU ESTRUCTURA GEOLÓGICA
Y LAS CAUSAS QUE DETERMINAN
SU DERRUMBE



BUENOS AIRES

TALLERES GRÁFICOS DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

1926

LAS BARRANCAS DEL PUERTO DE ROSARIO

APUNTES SOBRE SU ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y LAS CAUSAS QUE DETERMINAN SU DERRUMBE

I

La estructura geológica

La estructura geológica de las barrancas del río Paraná en la ciudad de Rosario y alrededores es conocida especialmente por los estudios de Burckhardt (1).

Limitando sus observaciones a los terrenos que se descubren sobre el nivel del río, durante un período de creciente, Burckhardt reconoció dos niveles, ambos pertenecientes a la «formación pampeana»: un nivel inferior formado, según este autor, por «loess pardo», estratificado, con intercalaciones de bancos de tosca calcárea y de capas lenticulares de «marga» palustre verdosa o grisácea, y otro superior represen-

(1) C. Burckhardt.—*La formation pampéene de Buenos Aires et Santa Fe*.—*Revista del Museo de La Plata*, tomo XIV, págs. 146 a 171.—Buenos Aires, 1907.

tado por un banco de «loess amarillo» eólico, diseminado de tosquillas globosas o elípticas. Los dos niveles, según Burckhardt, a veces pasarían en transición gradual entre sí, otras estarían separadas por una superficie de erosión irregular, pero neta. Basado sobre las determinaciones cronológicas de Burmeister y de Steinmann, atribuyó ambos niveles al cuaternario (*diluvium*).

Contra las determinaciones de Burckhardt, publicó algunas observaciones E. de Carles⁽²⁾, quien examinó las barrancas del Paraná al sur de Rosario, cerca del pueblo de Alvear. Además, habiendo podido estudiar la localidad en ocasión de una gran bajante del río, pudo agregar otros niveles basales, llegando a establecer la serie estratigráfica siguiente:

- a) Arenisca silíceo blanca y estratificada, en parte ocreosa o manganesífera, muy probablemente de la cumbre de la formación marina entrerriana.
- b) Arenas sueltas superpuestas al anterior, perteneciente al *puelchense* (subpampeano).
- c) Margas verdosas lacustres, más o menos arenosas, con concreciones de ocre, limonita y óxido de manganeso; *preensenadense* (base del pampeano inferior).

(2) E. de Carles. — *Relación acerca de los yacimientos fosilíferos de Arroyo Frías y sedimentos de las barrancas del río Paraná al norte y sur de Santa Fe.* — Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires, tomo XXIII, págs. 245 al 252. — Buenos Aires, 1912.

- d) Loess amarillo claro, diseminado de pequeños tubitos y partículas negras irregulares, débilmente estratificado sobre todo en su parte inferior; *ensenadense* (pampeano inferior).
- e) Loess amarillo, marga verdosa, arcilla roja y conglomerado aluvial de tosca, limo endurecido y marga verdosa ferruginosa, en capas sucesivas; *belgranense* (pampeano medio).
- f) Loess amarillo típico con toscas ramificadas; *bonaerense* (pampeano superior).
- g) Loess moreno oscuro amarillento; *platense* (postpampeano).

De Carles, ajustándose a la nomenclatura y a las determinaciones cronológicas de F. Ameghino, atribuyó el *puelchense* al mioceno superior, el *preensenadense* y el *ensenadense* al plioceno inferior, el *belgranense* al plioceno medio, el *bonaerense* al plioceno superior y el *platense* al cuaternario.

Sin aceptar las determinaciones cronológicas de este autor, especialmente por lo que se refiere al pampeano, considerado por mí cuaternario en su totalidad, me adherí a sus determinaciones estratigráficas a las cuales, sin embargo, después de un breve reconocimiento de las barrancas de Rosario y aplicando mis conocimientos de los mismos terrenos en Santa Fe y Entre Ríos, adapté las modificaciones siguientes ⁽³⁾:

(3) J. Frenguelli — *Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos*. — Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, de Córdoba. Tomo XXIV, págs. 55 a 206 — Buenos Aires, 1920 (véanse págs. 220 a 223).

- a) Arena ocrácea, estratificada en capas delgadas, con intercalaciones de arcilla plástica gris verdosa; *ríonegrense* de facies fluvial (plioceno medio).
- b) Arena pardo-grisácea suelta; *puelchense* (plioceno superior).
- c) Arcilla lacustre verdosa o amarillenta, con nodulitos y masas concrecionadas de hidróxido de hierro; *preensenadense* (pleistoceno inferior).
- d) Loess pardo oscuro, con gránulos de limonita y canalículos radiciformes ennegrecidos; *ensenadense* (pleistoceno inferior).
- e) Arcilla verdosa palustre y bancos de tosca calcárea; *prebelgranense* (pleistoceno medio).
- f) Loess pardo con tosquillas calcáreas ramificadas y canalículos radiciformes ennegrecidos; *belgranense* (pleistoceno medio).
- g) Arcilla grumosa palustre, gris verdosa; *prebonaerense* (pleistoceno superior).
- h) Loess pulvurulento, pardo-amarillo claro, con tosquillas calcáreas nodulares; *bonaerense* (pleistoceno superior).
- i) Loess pardo oscuro poroso; *platense* (holoceno).

Agregaba además, otros niveles postplatenses, muy recientes, de escasa importancia estratigráfica, formando las terrazas bajas de los pequeños cauces de la región (arroyo Saladillo).

Roth (4), recientemente, volviendo a recopilar sus antiguos conceptos sobre «formación pampeana» ha publicado un perfil de las barrancas del río Paraná en Rosario, en el cual resume sus opiniones sobre la estructura geológica de la localidad, agregando también un esquema del subsuelo basado en las perforaciones practicadas por el Ministerio de Obras Públicas de la Nación. En el perfil mencionado figuran desde la profundidad de 156 metros hasta la superficie de la región, los sedimentos siguientes:

- a) Loess infrapampeano, con intercalaciones de capas lacustres (marga limosa) en la parte superior; *infrapampeano* (oligoceno).
- b) Arena fluvial con varios niveles de arcilla y rodados distribuidos en su espesor; *entre-rriano* (mioceno).
- c) Loess mesopampeano, llevando intercalaciones de limos y margas lacustres; *mesopampeano* (plioceno inferior).
- d) Loess neopampeano; *neopampeano* (plioceno superior).
- e) Arena y arcilla limosa, en el lecho de los arroyos actuales; *postpampeano* (cuaternario).

Para completar los antecedentes geológicos de la localidad, cabe recordar también algunos informes ofi-

(4) S. Roth. — *Investigaciones geológicas en la llanura pampeana*. — Revista del Museo de La Plata, tomo XXV, págs. 135 a 342. — Buenos Aires, 1920.

ciales del personal técnico del Ministerio de Obras Públicas (Dirección General de Navegación y Puertos) con motivo de las investigaciones efectuadas en 1922, en la zona Norte del puerto de Rosario, para establecer las causas de los desmoronamientos ocurridos en la localidad. Me refiero especialmente a los informes de los ingenieros Jorge Duclout y Alfredo Goyheneche, acompañados de descripciones y perfiles de las barrancas, así como también de los datos relativos a las numerosas perforaciones practicadas en la oportunidad.

De los informes recordados, se desprende que, debajo de las «tierras y tosca de las barrancas» siguen arenas arcillosas, arcillas, arenas flúidas en capas alternadas y finalmente «arenas limpias».

Debo a la cortesía del ingeniero José Repossini el conocimiento de estos informes, así como también de los datos relativos a las perforaciones efectuadas en el puerto de Rosario. Los materiales extraídos y clasificados, se conservan en la Dirección General de Navegación y Puertos (Sección de Rosario), donde gracias a la amabilidad del ingeniero M. Sallovitz, Jefe de la Repartición, pude examinarlos y determinarlos con criterio más estrictamente geológico. Finalmente, debido a la gentileza del ingeniero Carlos Fraquelli, Jefe de la Division del Paraná Inferior (Sección Rosario) pude disponer de embarcaciones que me permitieron completar mis observaciones en las barrancas del puerto de Rosario y realizar investigaciones

suplementarias a lo largo de la márgen derecha del río Paraná, desde Rosario hasta Baradero, en provincia de Buenos Aires.

Basado sobre estos datos, he dibujado el perfil geológico de la lámina I, en el cual, suprimiendo los elementos modernos (humus, sedimentos actuales del río, rellenos, escombros, derrumbes), figuran dos términos estratigráficos principales: el entrerriano y el pampeano.

ENTRERRIANO

En el puerto de Rosario el entrerriano se halla todo debajo del cero hidráulico local (3,12 m. sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo) salvo escasos puntos, donde es posible observarlo directamente, apenas en sus capas más altas durante las bajantes excepcionales.

Se compone exclusivamente de dos horizontes geológicos: el *entrerriense* y el *rionegrense*.

El *entrerriense*, análogamente al que se observa en el subsuelo de las demás localidades santafecinas, distribuidas a lo largo de la cuenca paranaense ⁽⁵⁾ y en varios puntos de la costa entrerriana ⁽⁶⁾, es representado por una arena de cuarzo, compacta, homogé-

(5) J. Frenguelli. — *Algunos datos sobre la falla del río Paraná y la estructura de sus lábios*. — *Revista de la Universidad de Buenos Aires*, tomos XLIX y L, págs. 189 y 278. — Buenos Aires 1922.

(6) J. Frenguelli. — *Contribución, etc.*, pág. 104.

nea, de color blanco o levemente amarillento, de grano generalmente fino y a veces, grueso, completamente suelta.

Son arenas de acumulación eólica y representan restos de médanos costaneros, distribuidos en los bordes del área cubierta por la ingresión marina del plioceno medio.

Estas arenas que en los informes relativos a los derrumbes del puerto de Rosario se mencionan como «arenas limpias», generalmente fueron apenas alcanzadas por las perforaciones por la razón de que éstas, según contrato con la empresa que debía efectuarlas, debían profundizarse hasta encontrar la superficie de las arenas mismas, que a la sazón, se denominaron «arenas terciarias». Pero en realidad, a veces no fueron alcanzadas (perforación 44) y otras fueron perforadas por algunos metros (perforaciones 47. 53,57, etcétera).

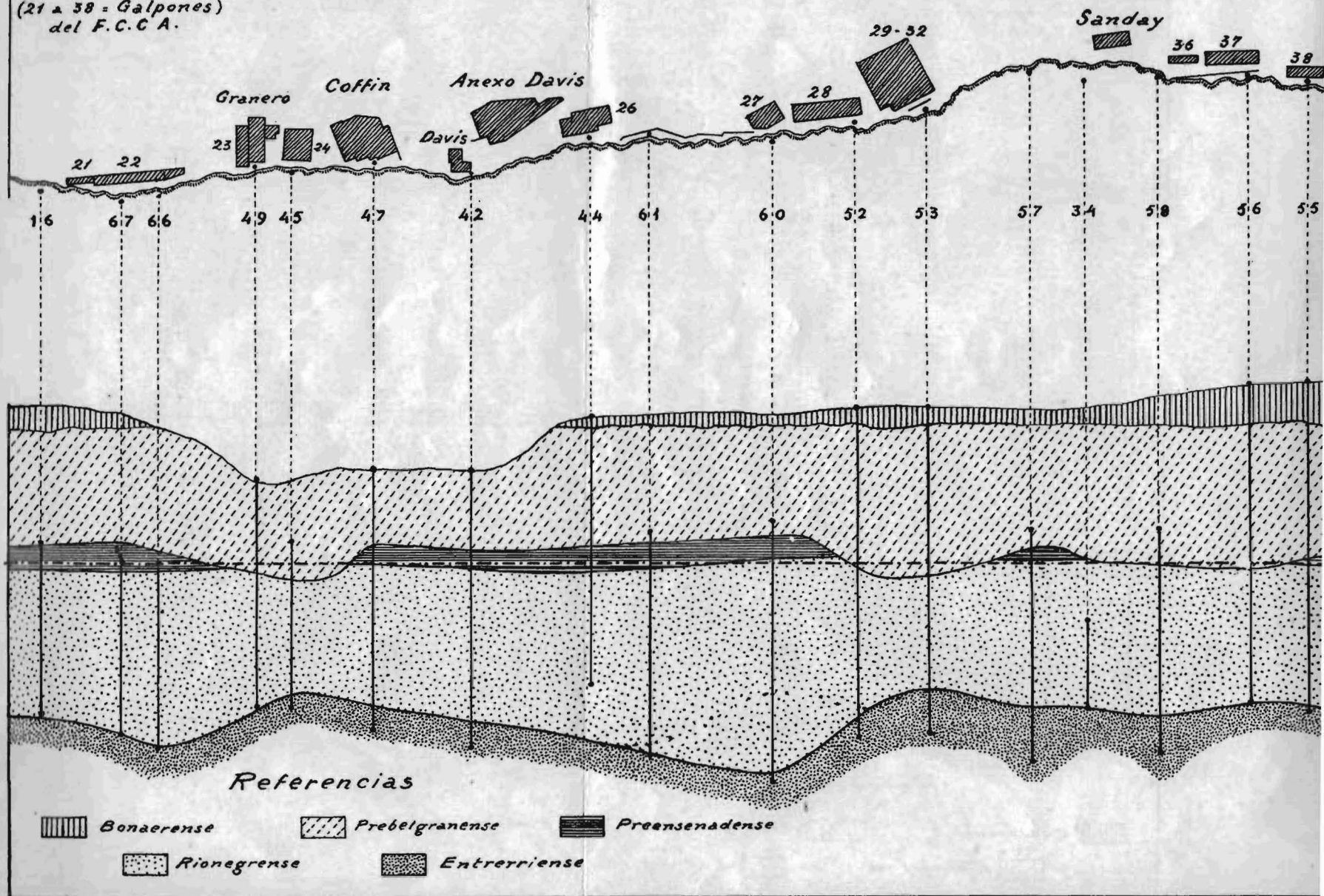
La superficie superior del *entrerriense* fué hallada a profundidades muy variables, oscilando desde un mínimun de -17,92 metros (perf. 53) hasta un máximun de -23,33 metros desde el cero hidráulico.

Su espesor puede deducirse de perforaciones anteriores efectuadas en el mismo puerto ⁽⁷⁾ y de la perforación de la Cervecería de Rosario ⁽⁸⁾ que al-

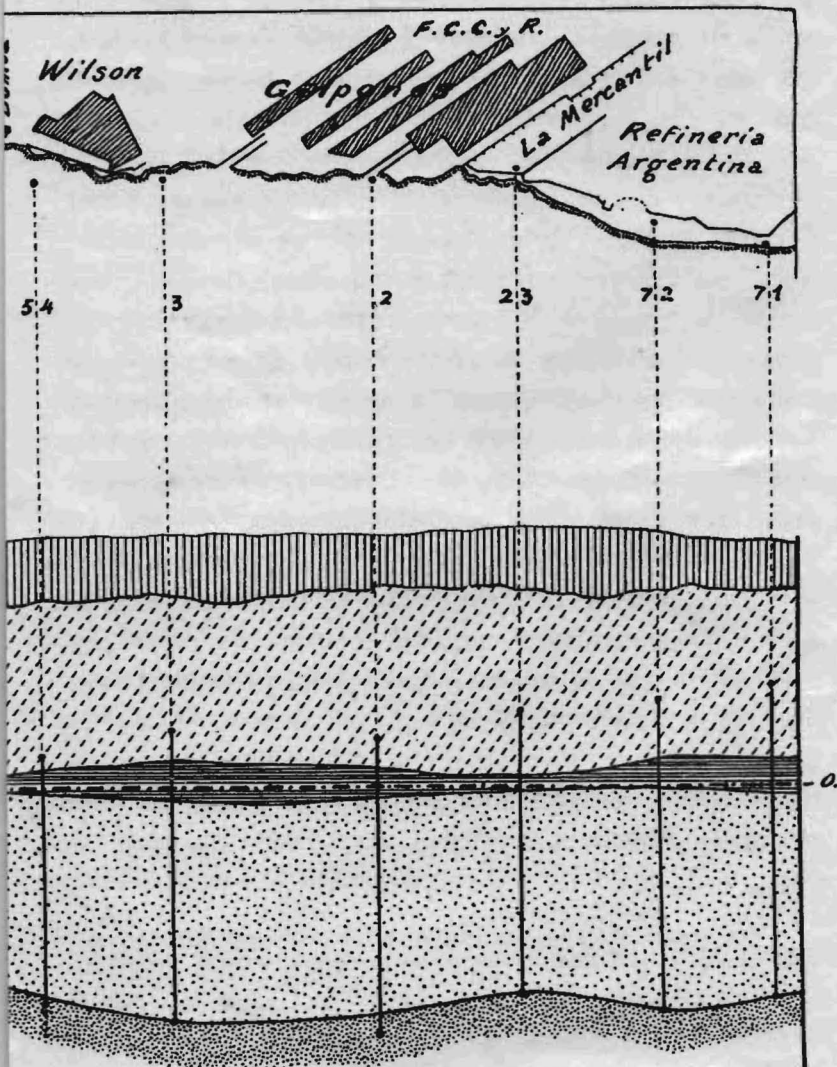
(7) *Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología.*—*Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación.* Sección Geología, Mineralogía y Minería, tomo XIV, N° 2. — Buenos Aires 1920.

(8) S. Roth. — Obra citada. Lámina XV.

(21 a 38 = Galpones)
del F.C.C.A.



Perfil geológico de las barrancas y del subsuelo de la zona norte del puerto de
construcción de las barrancas y del subsuelo de la zona norte del puerto de
construcción de las barrancas y del subsuelo de la zona norte del puerto de



Escalas

horizontal 1: 6000
vertical 1: 600

canzó los 156 metros: en estas, el *entrerriense* mostró espesores de metros 6,72, 7,82, 12,85 y 16,30 hallándose su base a metros -26,90, -31,32, -25,71 y -31,60 respectivamente.

De estos datos se deduce fácilmente que el cauce del río Paraná frente al puerto de Rosario (canales Ciudad-Invernada y Ciudad-Espinillo) surca estas arenas en sus puntos más profundos (de -15 a -20 metros aproximadamente).

El *rionegrense* se compone también de un complejo arenoso pero con frecuentes intercalaciones arcillosas en su espesor.

Las arenas, que forman la parte principal y más característica de este horizonte, se distinguen de las arenas entrerrienses por estar teñidas más o menos intensamente por hidróxido de hierro amarillo. A menudo estos materiales ocráceos son tan abundantes que los granos de arena quedan cementados en forma de arenisca, si bien raramente en grado de conferirle suficiente coherencia como para oponer una eficaz resistencia a las acciones erosivas.

Se distinguen además por contener a menudo cierta cantidad de hojuelas de mica blanca y materiales arcillosos, pero, por lo común, en grado de no adquirir condiciones de resistencia contra la erosión.

Por lo que se refiere a la estructura del depósito, el *rionegrense* se caracteriza por suma variabilidad tanto en sentido vertical como horizontal. El perfil de la figura 9, que coordina los datos de las perfora-

ciones 60 a 57 da una idea del extremo de esta variabilidad. En la perforación 41, por ejemplo, tenemos:

- 0,65 a - 2,10 arena de cuarzo fina y mediana, ocrácea, en partes cementada por ocre en arenisca dura.
- 2,10 a - 3,35 arena amarillenta fina, homogénea, suelta.
- 3,34 a - 3,93 arena grisácea fina, en partes cementada por ocre.
- 3,93 a - 4,25 arena ocrácea fina y mediana con intercalaciones de capitas delgadas de arcilla gris verdosa.
- 4,25 a 4,83 arcilla arenosa gris verduzca con pequeños rodados de arenisca de color herrumbroso.
- 4,83 a - 5,43 arena fina y finísima, amarillenta, suelta.
- 5,43 a - 5,63 arcilla gris verdosa.
- 5,63 a - 6,11 arena fina y mediana, gris amarillenta, suelta.
- 6,11 a - 6,71 arcilla gris verdosa.
- 6,71 a - 7,01 arena mediana y gruesa, ocrácea, suelta con pequeños rodados de arcilla verdosa y endurecida.
- 7,01 a - 7,41 arcilla ocrácea compacta.
- 7,41 a - 9,25 arena fina y finísima, amarillenta, suelta.
- 9,25 a - 9,97 arena fina y mediana, amarilla, suelta.
- 9,97 a - 10,37 arena finísima, fina y mediana, pardo-amarillenta suelta.
- 10,37 a - 10,67 arena fina y gruesa, pardo-amarillenta, suelta.
- 10,67 a - 10,94 arcilla verde-parduzca.
- 10,94 a - 11,74 arena sumamente fina, parduzca, homogénea, suelta.
- 11,74 a - 12,14 arena anterior, flúida.
- 12,14 a - 13,01 arcilla verde-parduzca.
- 13,01 a - 13,81 arena amarilla, fina y finísima, arcillosa.
- 13,81 a - 14,88 arena anterior, flúida.
- 14,88 a - 17,72 arena gruesa con gravillas de calcedonia y partículas de ocre, suelta.
- 17,72 a - 18,22 arena gruesa y fina, amarillenta, suelta.
- 18,22 a - 18,82 arena gruesa con gravillas y pequeños rodados de calcedonia y cuarzo.

De la observación de los resultados de esta perforación como de todas las demás, se deduce que este

complejo resulta formado por una serie de capas de arena de grano diferente, a veces con gravillas, gravas y cantos rodados pequeños, sueltas o arcillosas, alternando con capas de arcilla y de arenas flúidas. La distribución estratigráfica de estos diferentes materiales es irregular, generalmente en camadas lenti formes extendidas y lateralmente cortadas en bisel.

La variabilidad de sus materiales, su estratificación irregular y su distribución en camadas demuestran claramente que se trata de un depósito fluvial análogo al que fué encontrado en las demás perforaciones del litoral santafecino ⁽⁹⁾ y en la costa entrerriana ⁽¹⁰⁾. En estas localidades el complejo fluvial del *rionegrense* muestra siempre los mismos caracteres petrográficos, estratigráficos y estructurales y rellena un lecho muy amplio, de fondo irregular, excavado en las arenas del *entrerriense*.

Su límite superior, en la zona norte del puerto de Rosario, oscila alrededor del cero hidráulico; mientras su límite inferior, a contacto con la superficie del *entrerriense*, desciende a profundidades variables, desde metros —17,92 a —23,33. Su espesor en las perforaciones de la misma localidad, oscila de metros 11,91 (perforación 45) a metros 24,83 (perforación 60). Por ende, el cauce del Paraná frente a Rosario está casi completamente excavado en el espesor de este complejo arenoso.

(9) J. Frenguelli. — *Algunos datos*, etc., pág. 195.

(10) J. Frenguelli. — *Contribución*, etc., págs. 105 a 111.

PAMPEANO

En la zona norte del puerto de Rosario, al mismo modo que en toda la larga serie de barrancas que se desarrolla a lo largo del borde derecho del río Paraná desde Santa Fe hasta su desembocadura en el estuario platense, el pampeano forma todo el espesor de los acantilados que verticalmente caen en el río.

Pero en esta localidad la serie pampeana está representada solamente por tres horizontes, que, de abajo arriba, son: el *preensenadense*, el *prebelgranense* y el *bonaerense*.

El *preensenadense*, a contacto directo con la superficie superior del *rionegrense*, se compone de un limo muy arenoso estratificado en capas generalmente delgadas e irregulares, de tipo fluvial. Sus materiales derivan de remociones y resedimentaciones del complejo arenoso subyacente. En efecto sus componentes principales son arena de cuarzo con numerosas hojuelas de mica blanca y arcilla gris verdosa mezclados en proporciones diversas. Pero los materiales del *preensenadense* se caracterizan por contener siempre cierta cantidad, escasa o abundante, según la capa, de elementos pelíticos pardos propios de los sedimentos pampeanos. La presencia de estos elementos confiere a los materiales preensenadenses un tinte pardo más o menos pronunciado en relación a la proporción de los mismos en cada capa.

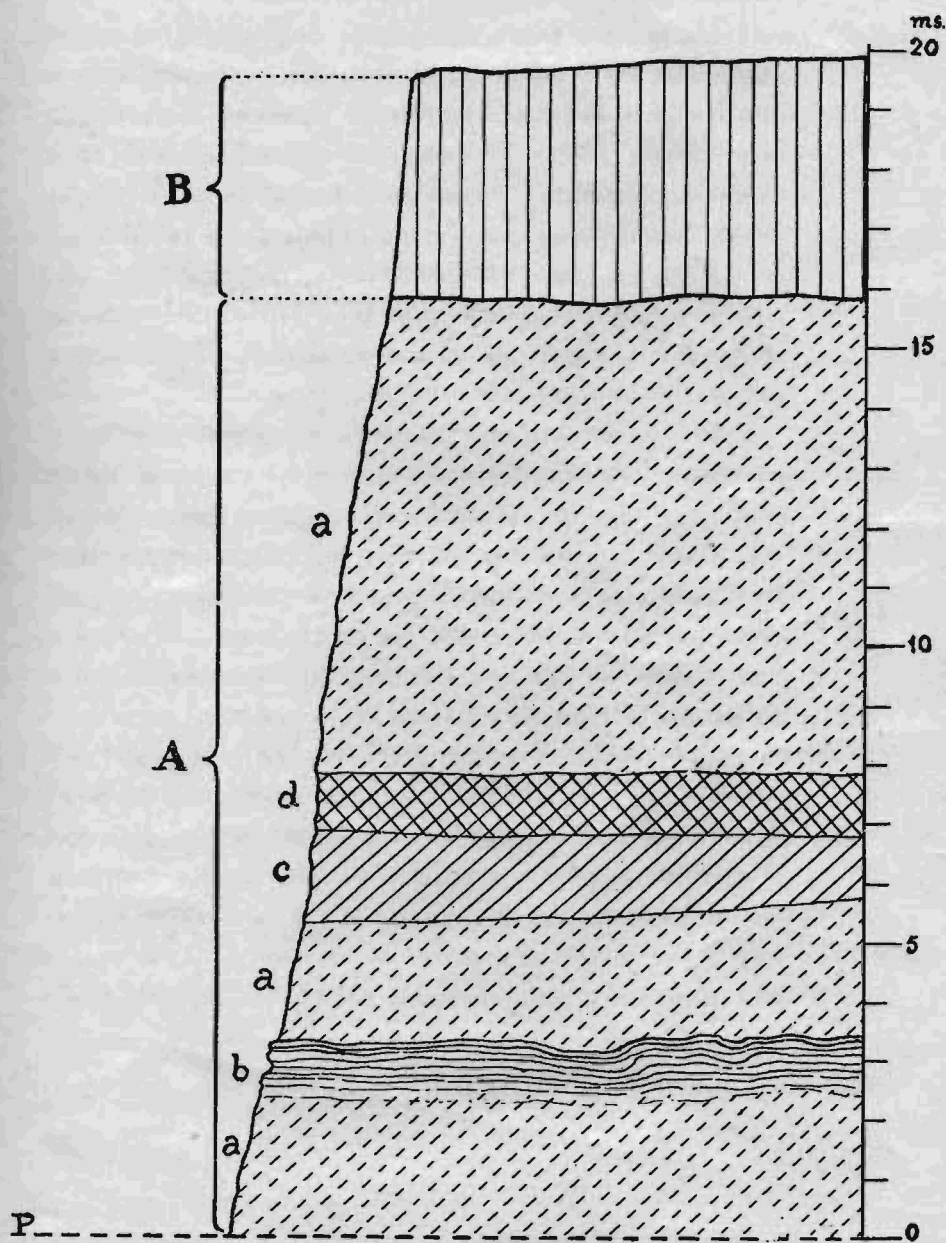


Fig. 7-Perfil de la barranca de la zona norte del puerto de Rosario a la altura del embarcadero de "La Mercantil Argentina". A, prebelgranense; B, bonaerense. (La explicación de las otras letras en el texto).

Difieren, además, de los materiales del complejo *rionegrense* por el contenido en arena de grano siempre sumamente fino, como si procediera de procesos levigatorios por aguas de muy escasa corriente.

En conjunto este horizonte pampeano basal en esta localidad resulta, entonces, constituido por un depósito fluvial estratificado, en cuyo espesor se alternan capas de arcilla gris verdosa, de arcilla arenosa y arena arcillosa del mismo color, de arena ocrácea casi suelta y de limo arenoso pardo.

A pesar de que, cuando desecados, sus materiales son fácilmente friables, cuando húmedos se presentan suficientemente compactos y coherentes.

La superficie inferior del preensenadense oscila alrededor del nivel del cero hidráulico local, descendiendo a veces (como máximo a metros 0,95 en la perforación 3) y otras remontando (como máximo 0,87 en la perforación 57) con respecto a este nivel. Su superficie superior llega hasta metros 2,63 (perforación 60) sobre el mismo cero. Por esta circunstancia, durante las bajantes del río; la parte superior o todo el espesor del depósito queda al descubierto y al alcance de la observación directa. Así por ejemplo, el 15 de diciembre de 1924 siendo la altura del río +0,20 entre el galpón 21 del Ferrocarril Central Argentino y la extremidad norte del muelle del puerto, asomaba este horizonte por un espesor de metros 0,50 a 1,75 aproximadamente.

En algunos puntos de esta localidad, como tam-

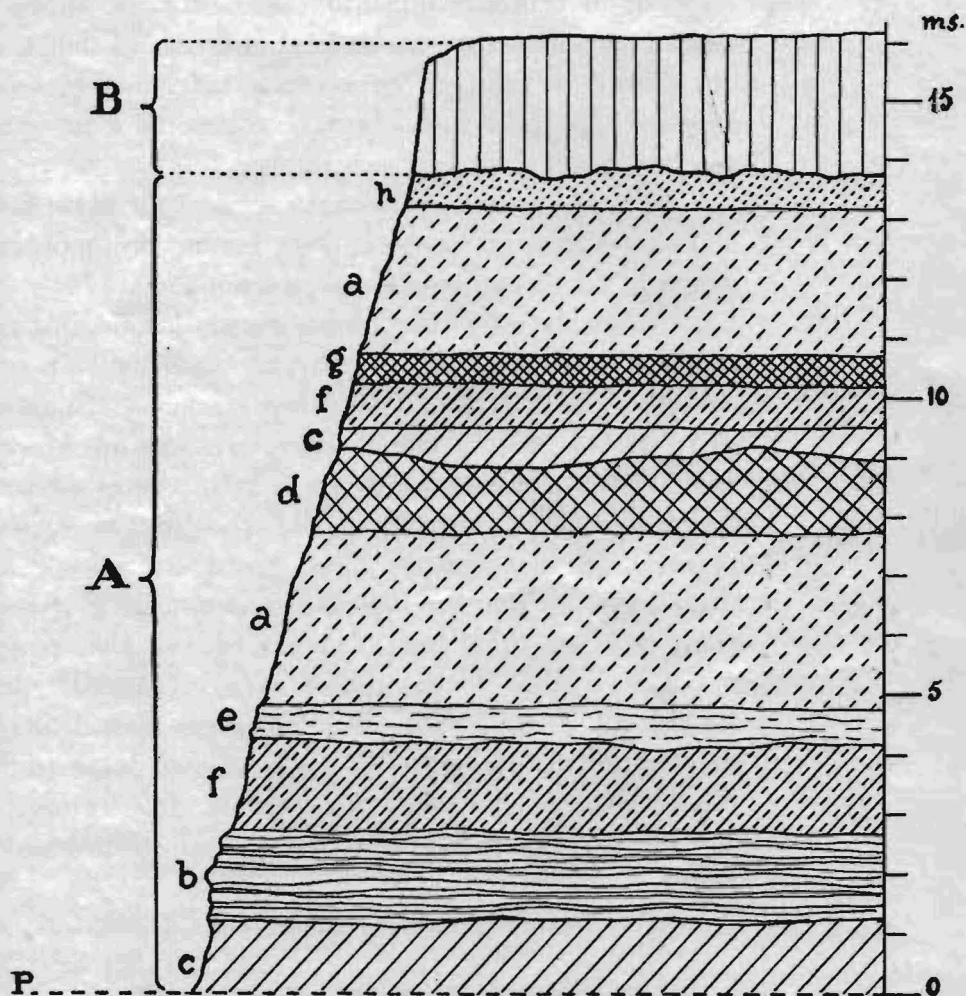
bién en muchas perforaciones (49, 45, 52, 53, 58 y 56) el *preensenadense* falta completamente, mientras alcanza su mayor espesor de metros 3,33 (de -0,95 a +2,38) en la perforación 3.

Por lo tanto, localmente este horizonte aparece como formado por restos discontinuos de un depósito fluvial, originariamente más espeso, afectado profundamente por procesos erosivos anteriores a la sedimentación del horizonte superpuesto.

El *prebelgranense* descansa sobre esta superficie de erosión que, en los puntos de mayor profundidad, afecta la parte superior del *ríonegrense*.

Al mismo modo que en las demás localidades de la margen derecha del río Paraná, aquí también petrográficamente el *prebelgranense* resulta constituido en su mayor espesor, por los característicos limos pardos, a veces con tinte rojizo, otras grisáceos que Burckhardt ha llamado «loess brun». Su aspecto, composición y estructura son iguales a la «tosca del río de la Plata», esto es del *ensenadense cuspidal* de F. Ameghino ⁽¹¹⁾. Son limos más o menos endurecidos, porosos, diseminados de cavidades ennegrecidas de pequeñas raíces y de tosquillas calcáreas ramificadas, sin estratificación o más o menos confusamente estratificados. Su característica principal es proporcionada por su textura conglomeradiforme, siendo formado

(11) F. Ameghino. — *Le Diprothomo platensis, un précurseur de l'homme du pliocène inférieur de Buenos Aires*. — Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, serie III, tomo XII, págs. 107 a 207. — Buenos Aires, 1909 (véase pág. 118).



*Fig.2 -Perfil de la barranca de la zona norte del puerto de Rosario a la altura del embarcadero de "Sanday y Cia."
A, prebelgranense; B, bonaerense.*

por pequeños fragmentos, algo rodados de diferentes toscas y limos endurecidos, distribuidos caóticamente dentro de la masa pelítica-arenosa fundamental, que actúa de substancia intersticial.

Pero, intercalados dentro de la masa de esta roca, que forma la parte más conspicua del depósito especialmente en su parte superior, se observan capas y bancos de materiales diversos que complican la estructura del sedimento. Los perfiles de las figuras 1, 2 y 3 levantados a la altura del embarcadero de «La Mercantil Argentina», del embarcadero de «Sanday & Cía.» y entre el galpón 21 del Ferrocarril Central Argentino y la extremidad norte del muelle, respectivamente, muestran la complejidad de estructura de este horizonte pampeano. En ellos se observan, variadamente alternados:

- a) Fangos pardos conglomerádicos típicos.
- b) Toscas calcáreas estratificadas.
- c) Limos claros, gris o gris verdoso ⁽¹²⁾.
- d) Limos arenosos, compactos, pardos.
- e) Tosca calcárea, no estratificada, gris negruzca.
- f) Limo arcilloso, compacto, pardo rosado.

(12) Estos limos corresponden a los materiales que Burckhardt (ob. cit. pág. 154) ha definido como «marne plus ou moins argileuse» y de Carles (ob. cit. pág. 249 y perfil) ha llamado «marga verdosa». Para que ellos puedan llamarse *margas* tendrían que ser constituidos por arcilla conteniendo alrededor un 45-50 % de carbonato de calcio íntimamente distribuido en su masa. En cambio resultan formados en su mayor parte, de silicatos amorfos solubles, con una pequeña proporción de silicato hidratado de aluminio y otros elementos entre los cuales falta el carbonato de calcio. Este sólo se halla en el espesor de estos depósitos en forma de concreciones (tosquillas) que no deben tomarse en consideración al definir la roca que las engloba.

- g) Limo compacto, pardo claro.
- h) Limo arcilloso, pardo oscuro.
- i) Tosca cálcarea y limo pardo inter-estratificado.

En resumen, como de costumbre en las regiones del Litoral, aquí también el *prebelgranense* está formado por un complejo cenagoso, más o menos evidentemente estratificado, de sedimentación dentro de una amplia cuenca de desborde fluvial (llano de aluvión).

En Rosario este horizonte pampeano es muy escasamente fosilífero. No hallé más que un fragmento del maxilar derecho de *Hippidion principalis* (Lund) Owen, con las tres últimas muelas, un fragmento de defensa de *Mastodón sp.* y muelas aisladas de *Viscaccia sp.* En el mismo horizonte, Burckhardt señaló: *Viscaccia spicata* Amgh. (13).

La superficie inferior del *prebelgranense* descansa sobre la superficie de erosión que corta el *preensena-dense* y en partes también el *ríonegrense* llegando de este modo hasta debajo del nivel del cero hidráulico (perforaciones 49, 45, 52, 53, 56 y 58) que pasa de 1,90 metros en la perforación 45.

La superficie superior, a su vez afectada más o menos profundamente por erosiones antiguas y recientes, es sumamente irregular, variando desde metros +4 a +16 aproximadamente.

De estas medidas se deduce que, localmente, el

(13) C. Burckhardt. — Obra citada pág. 169.

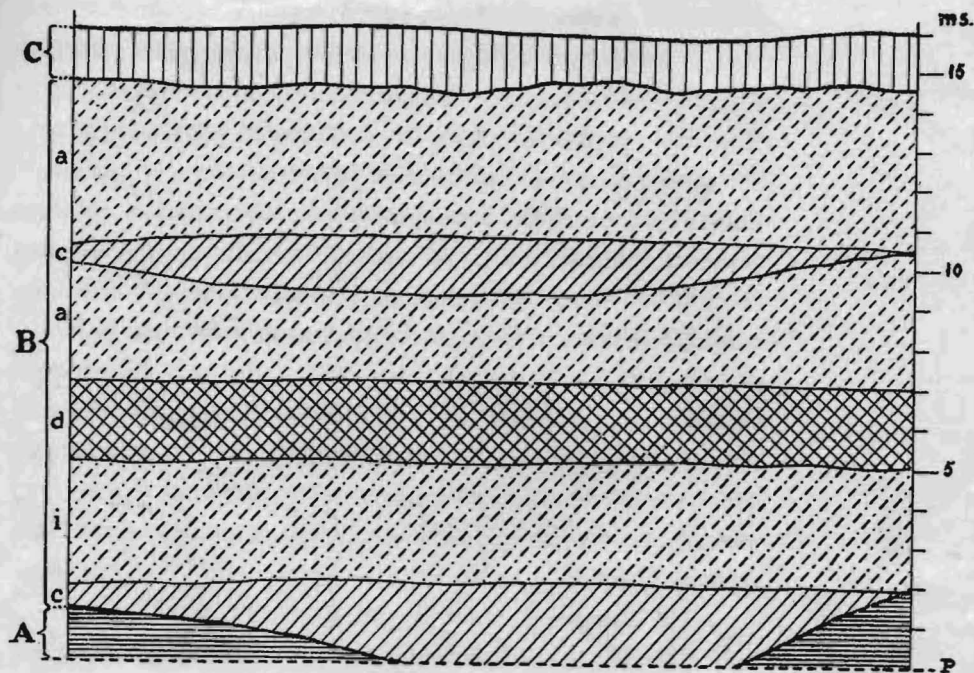


Fig. 3- Corte de la barranca de la zona norte del puerto de Rosario entre el galpón 21 y la extremidad norte del muelle del F.C.C.A. A, preensenadense; B, prebelgranense; C, bonaerense.

espesor del *prebelgranense* alcanza un máximo de 18 metros casi todos encima del cero hidráulico y por lo tanto, accesibles al exámen directo en la pared de los acantilados. Se deduce también que, llegando la altura de estos a un máximo de metros + 21, la mayor parte de los mismos está constituida por los materiales cenagosos, compactos y pesados, de este horizonte.

El *bonaerense* forma la parte más alta de los acantilados naturalmente donde éstos adquieren suficiente altura; donde actuaron intensamente los procesos erosivos recientes (postpampeanos y modernos) este horizonte ha sido destruido.

Está constituido por un banco pardo claro, con tinte amarillento o más a menudo, rojizo, de un loess eólico muy fino, ténue, homogéneo, calcarífero, muy friable a la simple presión de los dedos y sin vestigios de estratificación o de separación zonal de sus materiales constitutivos. Esto es, un verdadero *loess* en la acepción más comunmente atribuida a esta denominación petrográfica y dentro de los límites que he tratado de puntualizar también recientemente (14).

Corresponde al nivel que Burckhardt ha llamado *loess jaune* (15). Forma una masa diseminada de finos canalículos radiciformes y a veces, conteniendo pequeñas tosquillas calcáreas (*Loesskindeln*) nodulares,

(14) J. Frenquelli. — *Loess y limos pampeanos*. «Gaea». *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, número 30, página 5. Buenos Aires, 1925.

(15) C. Burckhardt. — Obra citada, página 252 y corte geológico.

mas o menos numerosas. Hasta ahora se ha mostrado completamente estéril en fósiles macroscópicos.

A pesar de que el *bonaerense* descansa sobre la superficie irregularmente denudada del *prebelgranense* su base puede establecerse en 14 y 16 metros sobre el plan del cero hidráulico. Su espesor máximo es de cuatro metros aproximadamente, aunque raramente lo alcance. Su parte superior, generalmente descompuesta en *lehm* por espesores variables por lo común está inmediatamente cubierta por el humus y los detritos actuales.

Examinada en comparación con la serie general de los terrenos de la región y regiones limítrofes, la serie que acabamos de considerar resulta incompleta.

Por de pronto, entre los sedimentos entrerrianos y los pampeanas falta todo el grupo araucano, que, durante el plioceno superior, se depositó en dos fases netamente distintas (*araucanense* y *puelchense*), bien desarrolladas en Entre Ríos y todavía reconocibles en el litoral santafecino, desde las inmediaciones de la ciudad de Santa Fe hacia el norte. Localmente sus depósitos han de haber sido destruídos por el ciclo erosivo post-araucano que, en conexión con una fase epirogénica ascendente y general, tectónicamente marca el límite inferior del pampeano.

Sin embargo, según de Carles ⁽¹⁶⁾ en la próxima

(16) E. de Carles. — Obra citada, página 262 y corte geológico.

localidad de Alvear existirían restos de puelchense, representados por «arenas sueltas». Pero he de agregar que mis observaciones en la localidad, mientras el arroyo estaba completamente seco y el Paraná en considerable descenso (+0,22) me obligan a suponer que este autor ha confundido el *puelchense* con parte del *preensenadense*, que, en realidad allí forma la base de las barrancas, siendo constituido por estratificaciones de limo amarillento muy arenoso y de limo gris-verduzco arenoso-arcilloso (17). Además he podido comprobar que esta confusión ha afectado sensiblemente toda la interpretación del perfil publicado por el mismo autor en aquella oportunidad y he de lamentar de haber tomado como base este perfil en mis observaciones anteriormente citadas.

Por lo que se refiere a la serie entrerriana, vemos que en las perforaciones del puerto de Rosario faltan sedimentos francamente marinos que en la costa

(17) Estos materiales de muy escaso espesor y en íntima relación litológica y estratigráfica, corresponden a los números 0 y 1 del perfil de E. de Carles. De ninguna manera podriase justificar su repartición en dos horizontes geológicos diversos pertenecientes al mioceno superior y al plioceno inferior, respectivamente. El mismo desmenzamiento injustificado se observa, en el mismo perfil, por lo que se refiere a las capas superpuestas (N^{os} 2, 3, 4, 5 y 6) que el autor ha distribuido entre el *ensenadense*, *belgranense* y *bonaerense* de F. Ameghino. Según mi modo de ver, basado sobre un prolijo reconocimiento *in situ*, ellas pertenecen todas al *prebelgranense* (parte cuspidal del *ensenadense* de F. Ameghino) pasando por lo común en transición una a la otra. En proximidad de la desembocadura del arroyo Frías, la base de este horizonte está formada por una lente extendida de limo verdoso con *Mastodon* que en su parte inferior adquiere progresivamente elementos psamíticos y psefíticos hasta transformarse en un verdadero conglomerado, del espesor de 10 a 30 centímetros, el mismo que E. de Carles ha indicado con el N^o 5^a. Este conglomerado resulta así formado de rodados de tosca y numerosos restos óseos de mamíferos (generalmente en fragmentos) todavía mezclados con el limo verdoso que le sirve de cemento.

entrerriana están representados por dos niveles de facies costanera: uno debajo y otro arriba de las arenas ocráceas de facies fluvial del *rionegrense*. Efectuando una observación análoga a propósito de algunas perforaciones en Estación Río Salado al norte de Santa Fe, ya supuse que durante este período (plioceno medio y superior) el borde santafecino de la falla paranense se hallaba en un nivel algo más alto que el borde entrerriano y mientras sobre éste el Atlántico efectuaba transgresiones (determinadas por un leve descenso del borde continental y favorecidas por la depresión del estuario platense) el borde santafecino era invadido por médanos costaneros (18).

Lo mismo se observa en un período anterior (mio-plioceno) cuando en Entre Ríos se formaban bancos costaneros de *Ostrea parasitica* Gmel. (19). Estos bancos que se han señalado también en las perforaciones de Est. Río Salado (20) y de otras localidades del Norte santafecino, no fueron hallados en el subsuelo de Rosario. En la perforación de la Cervecería (utilizada por Roth en la construcción del perfil ya mencionado) debajo de la arena del *entrerriense* aparecen capas de arcilla, arena y rodados, probable-

(18) J. Frenguelli. — *Algunos datos, etc.*, págs. 239 a 241.

(19) Aprovecho esta oportunidad para señalar el hallazgo de nuevas especies fósiles en esta formación de costa marina. Estas son: *Monophora Darwini* Desh., *Arca cf. umbonata* Lam., *Myochlamys paranensis* d'Orb., y *Pecten oblongus* Brav., *Ostrea patagonica* d'Orb. Sobre la importancia de estas especies en los sedimentos de la fase final del *paranense* insistiré próximamente.

(20) J. Frenguelli. — *Algunos datos, etc.*, pág. 196.

mente pertenecientes al complejo fluvial del *mesopotamiense*, descansando directamente sobre arcillas coloradas (el «loess infra-pampeano» de Roth). Estas que en la mencionada perforación empezaron aproximadamente desde la cota -52 y continuaron hasta el fondo (156 metros desde la boca de la perforación) evidentemente forman parte de aquel espeso complejo arcilloso, sublateralítico y yesífero, que en todas las perforaciones de las pampas comienza debajo de las arcillas de tipo *Blauschlick* del *paranense* (mioceno) y representa en esta región los tiempos eogénicos del terciario.

Respecto al pampeano, hemos visto que en las barrancas del puerto de Rosario existen sólo tres de los seis niveles conocidos para esta serie. Los tres están separados netamente por superficies de erosión que establecen entre ellos demarcaciones netas, aunque de forma irregularmente ondulada. Por lo tanto, la ausencia de los demás horizontes es debida posiblemente a fases destructivas que se interpolaron entre las fases constructivas de este período sedimentario.

También entre el *prebelgranense* que corresponde a la parte inferior del pampeano medio (cuaternario medio) y que localmente debemos identificarlo con el *loess brun*, el *mesopampeano* y la serie *ensendense-belgranense-bonaerense* de los perfiles de Burckhardt, Roth y de Carles respectivamente y el *bonaerense*, que corresponde al *loess jaune*, al *neopampeano*

y al *platense* de los mismos autores, respectivamente, existe uno de estos hiatos erosivos que en la serie general de los terrenos pampeanos corresponde al *prebonaerense*. Por ende, en ningún punto de la localidad, así como tampoco de las demás localidades de la región, existen las capas de transición señaladas por Burckhardt entre loess pardo y loess amarillo ⁽²¹⁾. Evidentemente, como pude comprobar en Rosario y en Alvear, Burckhardt ha indicado con esta definición la parte superior del *prebelgranense* que, en muchos puntos, acercándose a su terminación, paulatinamente va modificándose, adquiriendo una textura más fina, más ténue y más porosa en relación al progresivo encañamiento de la cuenca.

II

Las causas del derrumbe de las barrancas

Mucho se ha dicho y mucho se ha escrito sobre las causas de los derrumbes de las barrancas del puerto de Rosario. Entré las diversas suposiciones vertidas algunas carecen de fundamento, otras resultan insuficientes para explicar el fenómeno.

Estas causas en realidad son muy fáciles de determinar, pero por otra parte resultan muy comple-

(21) C. Burckhardt. — Obra citada, págs. 169 a 171, etc.

jas. Ellas dependen de condiciones locales de tres órdenes diferentes: morfológico, estructural e hidráulico.

CAUSAS MORFOLÓGICAS

No hay duda de que la forma del cauce del río frente a Rosario y la forma de la márgen rosarina de este cauce intervienen como factores de importancia. El primero forma un ámplio meandro con concavidad sobre el lado rosarino y la segunda una serie de acantilados completamente verticales, formas ambas sumamente inestables.

Es muy sabido que todo meandro fluvial migra continua y progresivamente según dos direcciones diversas: lateral y longitudinal. La migración lateral se efectúa hacia el lado cóncavo y con velocidades mayores en correspondencia al punto tangencial de la curva, que en el caso especial corresponde aproximadamente entre Aguas Corrientes y Refinería Argentina. La migración longitudinal se verifica con rumbo hacia la desembocadura del río y afecta el segmento de la misma curva que va desde su punto tangencial hasta el comienzo de la concavidad del meandro subsiguiente y que, en el caso especial coincide con aquel trecho que corre desde la altura de Aguas Corrientes y la extremidad Norte del muelle del Ferrocarril Central Argentino.

Ambas migraciones dependen de causas hidráulicas muy conocidas y de las cuales me ocuparé luego.

Por el mismo trecho se desarrollan también los acantilados verticales (fig. 4) cuya presencia está estrechamente vinculada al activo proceso de erosión lateral del mismo meandro. Su verticalidad depende directamente de la actividad de este proceso y siempre ahí donde se observan barrancas que caen a pié que debemos suponerlas en retroceso más o menos rápido en relación con el dinamismo que las determina y con la resistencia de las rocas que las constituyen.

Toda barranca en tales condiciones está destinada fatalmente a desaparecer en un lapso de tiempo más o menos breve, transformándose paulatinamente en un plano inclinado cuya pendiente definida por el límite del poder destructor de los agentes externos que actúan locamente, es siempre bastante reducida como para que la resistencia del terreno se halle en equilibrio con la acción dinámica de los mismos agentes. En la región pampeana, en relación con la escasa consistencia natural de las rocas que forman su superficie, estas condiciones de equilibrio llegan a establecerse mediante pendientes sumamente suaves (desplayados). Todos los valles maduros de esta región son sumamente amplios y playos con vertientes que se coordinan insensiblemente con el nivel general de la llanura. Por la misma razón su madurez se efectúa rápidamente, y si a menudo en el eje de mayor depresión, hallamos cursos de agua encajonados entre barrancas más o menos elevadas, es porque un leve

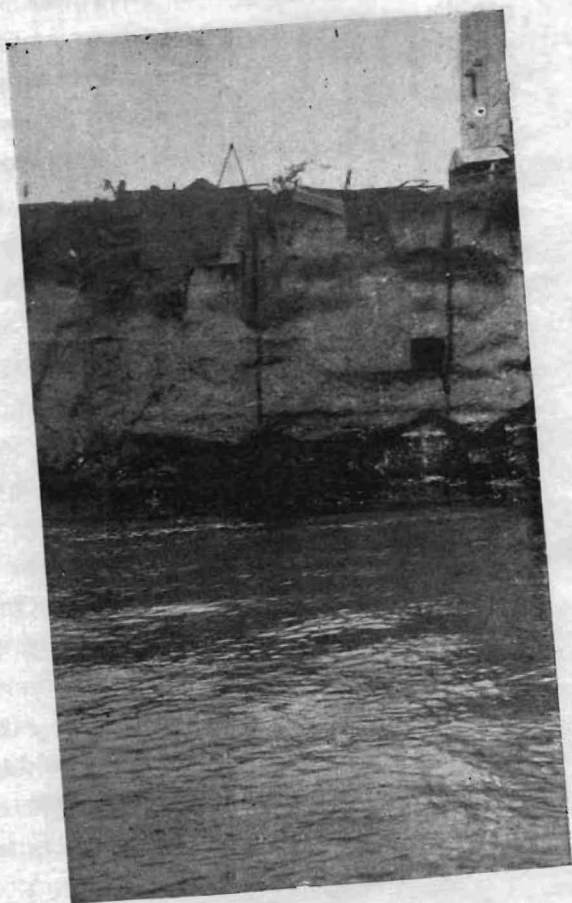


Fig. 4 — Barranca a pique en la zona Norte del puerto de Rosario, en derrumbe.

movimiento del suelo, geológicamente muy reciente, ha provocado el comienzo de un nuevo ciclo erosivo dentro de los valles de un ciclo anterior ya completamente maduro. Este rejuvenecimiento erosivo ha determinado la formación de nuevas barrancas por el ahondamiento de los cauces en relación al descenso del nivel de base y al mismo tiempo determina la destrucción de las mismas barrancas en continuo retroceso por el progresivo ensanche de los thalwegs.

Cuando, después, por regularización definitiva del cauce fluvial, cesa el efecto de la erosión y el consecutivo retroceso de los acantilados, la destrucción de estos será continuada por la intervención de otros factores que actuarán hasta tanto no se hayan establecido las condiciones de equilibrio ya mencionadas. Me refiero a la acción del viento (deflación o corrosión) y sobre todo a la acción de los escurrimientos pluviales (corrosión).

CAUSAS ESTRUCTURALES

Hemos visto que las barrancas del puerto de Rosario se componen de varios horizontes cuyos materiales, para el objeto en exámen, también se pueden dividir en dos secciones: una superior (pampeana) constituida de materiales relativamente compactos y pesados (limos y toscas) y otra inferior (entrerriana) compuesta en su mayor espesor, de materiales incoherentes (arenas sueltas o levemente arcillosa). Hemos

visto también que mientras aquella se desarrolla sobre el nivel del cero hidráulico, esta última se encuentra totalmente debajo del mismo nivel y, por lo tanto, expuesta a una erosión fluvial activa.

Tenemos, entonces, que en el trecho entre Aguas Corrientes y la extremidad Norte del muelle del Ferrocarril Central Argentino, esto es precisamente donde más activa se manifiestan las acciones erosivas por las causas recién mencionadas, la base de las barrancas ofrece una resistencia mínima.

En tales condiciones el socavamiento de esta base y el consecutivo desprendimiento en bloques del pampeano superpuesto son procesos rápidos, especialmente si consideramos la intensidad del dinamismo que localmente interviene.

Debemos agregar que los mismos procesos de socavamiento y derrumbe se observan con intensidad y en amplia escala en todos los puntos de las riberas del Paraná que se hallan en las mismas condiciones, esto es en la concavidad de los meandros, puesto que todas presentan las mismas condiciones estructurales. Sobre este importante particular ya ha llamado oportunamente la atención el ingeniero Repossini ⁽²²⁾. Agregaré que, los desmoronamientos, además de reconocer como causa principal la acción erosiva de las aguas sobre un lecho y márgenes fácilmente socavables, son

(22) J. Repossini. — *El río Paraná frente a Rosario*. Su corrección presente y futura. Los derrumbamientos sobre el brazo de la ciudad y sus causas. *La Ingeniería*, publicación oficial del Centro Nacional de Ingenieros, N° 671, págs. 1 a 13.

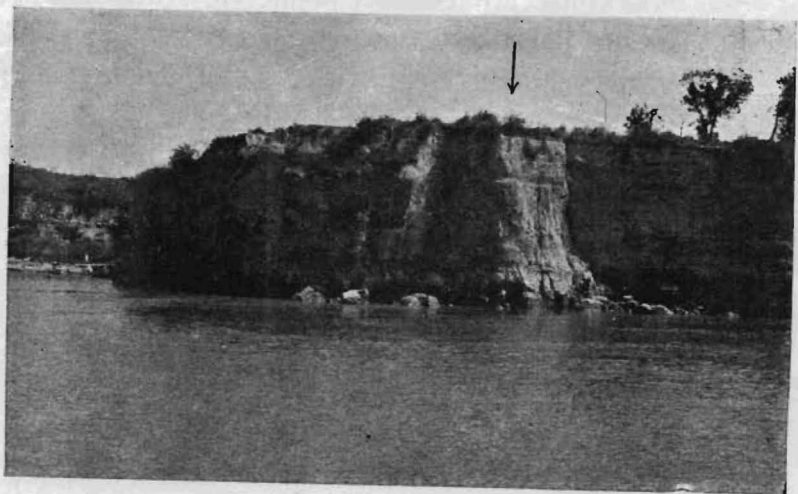


Fig. 5 — Bloque próximo a derrumbarse en las barrancas del Paraná cerca del puerto nuevo de San Nicolás.

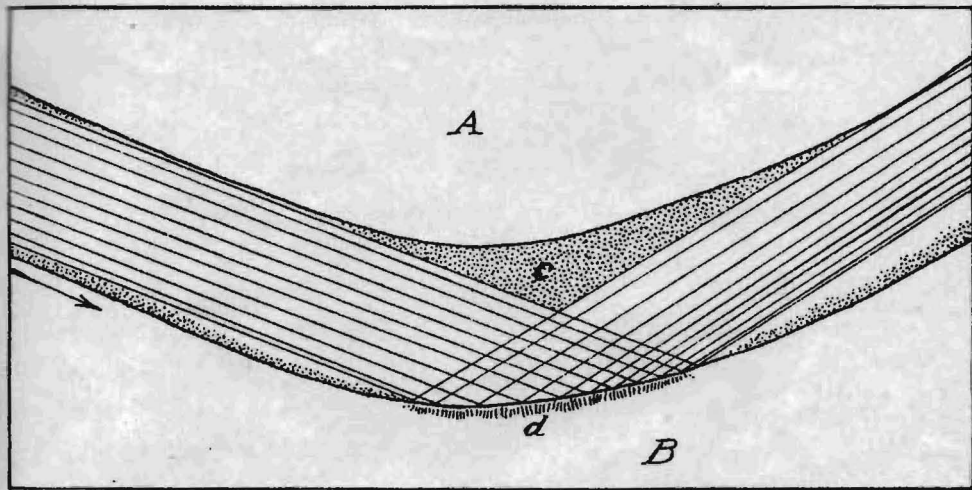


Fig. 6 - Meandro fluvial joven (esquema): A, borde convexo; B, borde cóncavo; c, banco aluvional; d, barrancas.

favorecidas también por la tendencia de los terrenos pampeanos superpuestos a agrietarse en grandes bloques según planos normales a la superficie de sedimentación. La figura 5 da una idea muy clara de esta característica. La fotografía muestra un grueso paralelepípedo ya casi completamente separado de la masa de la barranca en proximidad de San Nicolás y próximo a derrumbarse.

CAUSAS HIDRÁULICAS

Entre las causas que provocan los derrumbes en la zona Norte del puerto de Rosario actúan notablemente las condiciones hidráulicas del brazo correspondiente del río Paraná. Estas condiciones se pueden dividir en naturales y artificiales.

Las condiciones naturales residen principalmente en la condición en meandro del Paraná frente a Rosario. En todo meandro se repiten siempre las mismas circunstancias esquematizadas en el croquis, figura 6. Los diferentes filetes en que podemos dividir la vena líquida, siguiendo una corriente rectilínea, encuentran la ribera cóncava contra la cual chocan bajo un ángulo determinado y luego son reflejados, por un ángulo igual, hacia la ribera opuesta, que alcanzan en la concavidad del meandro sucesivo. Ahí donde ellos encuentran el obstáculo que los desvía, transforman parte de su fuerza viva en una acción erosiva, destinada a destruir el obstáculo. De este modo en el mismo punto

ellos socavan la ribera y aumentan la concavidad con intensidad directamente proporcional a la velocidad y a la masa de la vena líquida e inversamente a la resistencia de los materiales que forman la orilla. Al mismo tiempo la curvatura de esta confiere a los diversos filetes que chocan un movimiento rotatorio, que contribuye eficazmente al ahondamiento del fondo y al socavamiento de la misma orilla. Por consiguiente, sobre el lado cóncavo *B*, la *botta* de los hidráulicos italianos, se formará una barranca *d* en activo y progresivo retroceso.

En cambio, sobre la ribera convexa opuesta *A*, la *spiaggia* de los mismos hidráulicos, se establecerá un ángulo muerto, donde una notable disminución de la velocidad de la corriente provocará una activa sedimentación, con formación consecutiva de un banco aluvional *c*, en continuo incremento.

En el caso particular ya hemos visto que la *botta* se localiza en el trecho de costa entre Aguas Corrientes y la extremidad del muelle del Ferrocarril Central Argentino trecho contra el cual choca el 78 % de la masa total de las aguas del río Paraná. En cambio la *spiaggia* corresponde a la antigua entrada del canal Oriental, entre las islas de la Invernada y del Espinillo, donde, en la actualidad se halla el banco de la Invernada, cuya extremidad S. O. avanzó unos 950 metros durante el período 1899 a 1915. El croquis de la lámina II muestra con evidencia las condiciones mencionadas.

ESCALA

METROS 1000

500

0

1

2 KILÓMETROS

ISLA DE LA INVERNADA

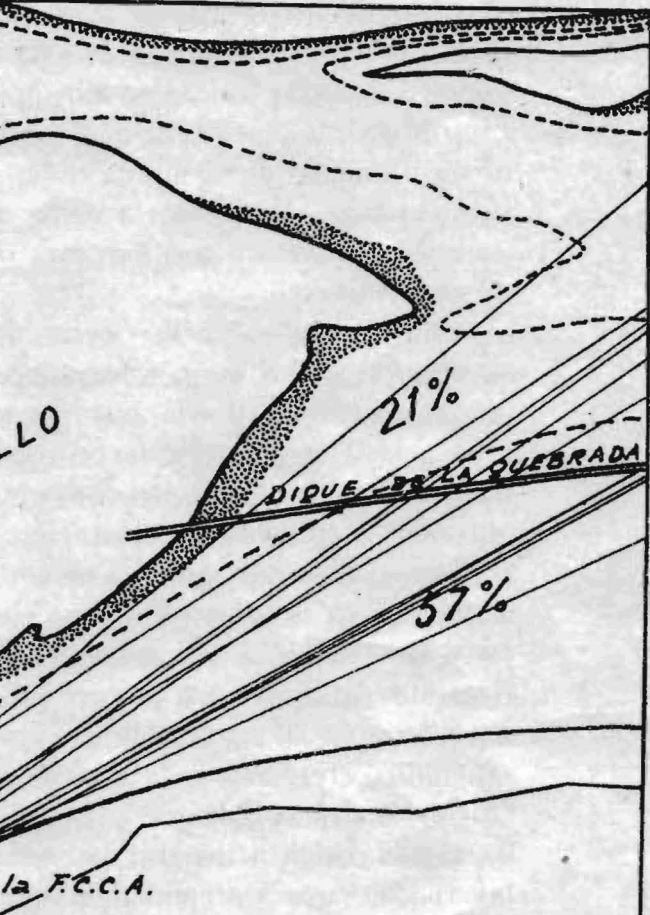
ISLA DEL ESPIN

UMBRAL

BANCO DE LA INVERNADA

78%

Ch. Refineria



ROSARIO

Pero, en este caso intervienen además otras condiciones hidráulicas sumamente desfavorables. Me refiero al considerable estrechamiento del cauce en el punto de salida del canal Occidental y al brusco ensanchamiento del sucesivo canal de los Muelles (véanse: láminas II y III, figura 11).

El brusco estrechamiento del canal Occidental determina localmente un cauce de sección transversal evidentemente insuficiente y en vía de regularización mediante un activo ahondamiento del lecho. Pero, mientras tanto el cauce no adquiriera una sección más amplia, el estrechamiento determina el mismo efecto mecánico que un obstáculo de relieve retardando la marcha de la corriente.

El brusco ensanchamiento del canal de los Muelles, a su vez determinando una rápida disminución en la velocidad de la corriente, provoca una abundante sedimentación y la formación del banco Oeste Santa-fecino en incremento y en forma de umbral, obstaculizando, especialmente durante las aguas bajas, el desagüe normal.

Por lo tanto, en ambos casos tenemos, en definitiva, condiciones que independientemente de su naturaleza, concurren a levantar obstáculos eficientes. Ahora bien, es sabido que una disminución más o menos brusca de la velocidad de la corriente, por un estrechamiento o por un umbral cualquiera, tiene por efecto de invertir una parte de la fuerza viva del agua corriente para producir una sobreelevación de la vena

líquida aguas arriba del obstáculo. De ahí resultan desbordes e infiltraciones por todo el tronco situado aguas arriba hasta donde se propaga el remance de la sobreelevación así determinada.

Para el caso actuado adquieren importancia especialmente las infiltraciones que se verifican en abundancia a través de los antiguos aluviones del *rione-grense* y en correspondencia de las capas de este complejo que ofrecen menor resistencia a la penetración de las aguas. Estas filtraciones corresponden a las capas de arenas sumamente flúidas que fueron halladas en la máyor parte de las perforaciones y que dieron motivo a varias interpretaciones: no hay duda de que ellas proceden del río por las causas y el mecanismo recordados. La disposición que ellas afectan, tal como se observa en los croquis de las figuras 7, 8 y 9 dibujados de acuerdo con los datos proporcionados por las perforaciones, confirman esta interpretación.

Por otra parte, no hay duda de que la existencia de estas infiltraciones, notables por su abundancia y desarrollo, contribuye poderosamente al proceso de socavamiento y, por ende, a la destrucción de las barrancas.

Las condiciones artificiales dependen de las obras de corrección efectuadas en 1904, en el Paraná frente a Rosario. Pero conviene agregar enseguida que estas obras, consideradas en relación causal con los derrumbes del brazo Espinillo-Ciudad tienen una impor-

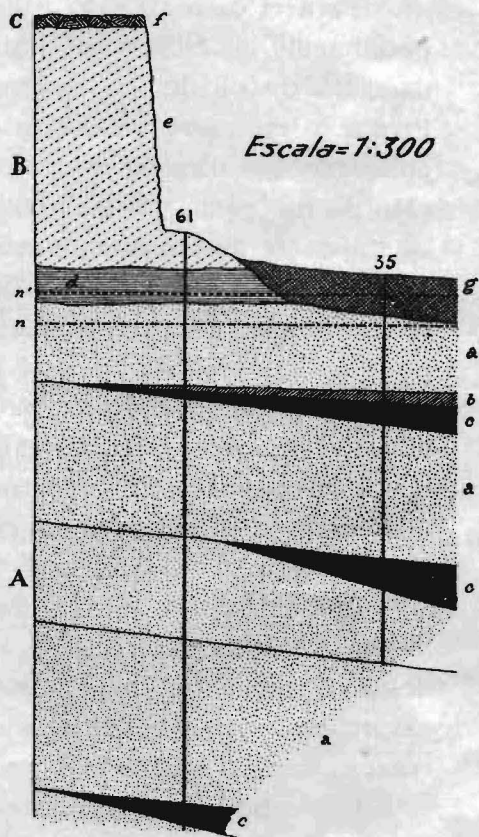


Fig. 7 - Distribución de las infiltraciones del río en el subsuelo de la barranca en la zona norte del puerto de Rosario, a la altura de las perforaciones 61 y 35 (Perfil transversal).
 A, rionegrense: a, arenas sueltas o poco arcillosas; b, arcillas o arenas muy arcillosas; c, arenas fluidas (infiltraciones).
 B, pampeano: d, preensenadense; e, prebelgranense.
 C, depósitos actuales: f, humus; g, limos y escombros.
 (n, cero de la escala del puerto a m. 2,12 sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo; n', cero hidráulico).

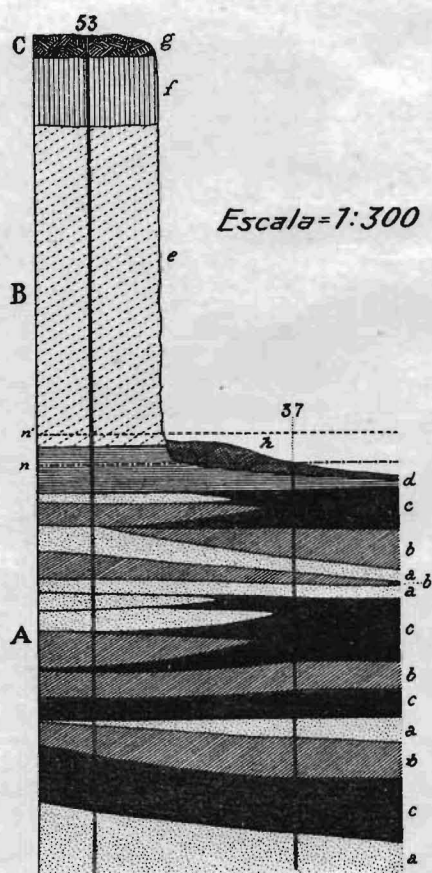


Fig. 8- Distribución de las infiltraciones del río en el subsuelo de la barranca en la zona norte del puerto de Rosario, a la altura de las perforaciones 53 y 37 (Perfil transversal).
 A, - rionegrense: a, arenas sueltas y poco arcillosas; b, arcillas y arenas muy arcillosas; c, arenas fluidas (infiltraciones).
 B, - pampeano: d, preensenadense; e, prebelgranense; f, bonaerense.
 C, - depósitos actuales: g, humus; h, limos y escombros.
 (n, cero de la escala del puerto a m. 2,12 sobre el cero del Riachuelo; n', cero hidráulico).

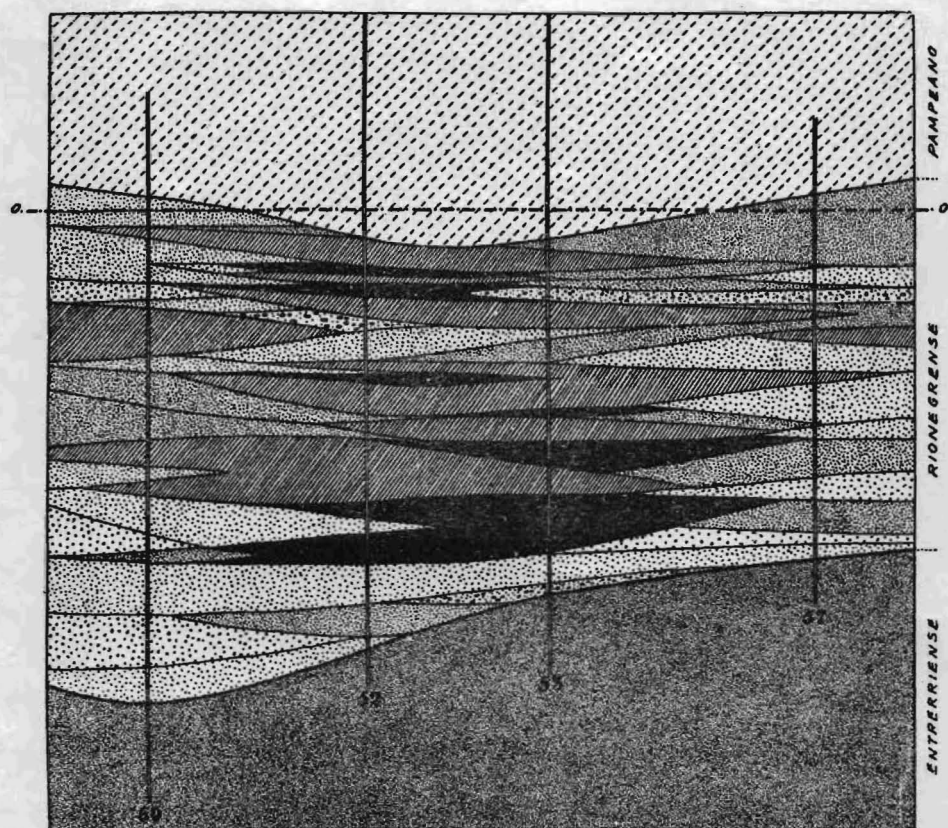


Fig.9- Estructura de los sedimentos fluviales del rionegrense entre las perforaciones 60 y 57, y distribución de las infiltraciones del río Paraná entre estos sedimentos (Sección longitudinal)

*Escala horizontal = 1:3.000
" vertical = 1: 300*

tancia muy secundaria y de ninguna manera tienen el alcance que se les ha atribuído por algunos. La condición en meandro del río, sin duda, como demuestra el croquis de la figura 10 (lámina III) es preexistente a toda obra local de corrección y a ella exclusivamente debemos atribuir «las tendencias naturales» sobre las cuales muy oportunamente ha insistido el ingeniero Repossini ⁽²³⁾.

Estas tendencias corresponden a la inclinación de todo meandro fluvial a desplazarse lateral y longitudinalmente, inclinación favorecida, en la localidad, por todo aquel conjunto de condiciones naturales brevemente examinadas. En efecto ya desde 1899, según informe oficial, el Canal Oriental (con acceso a la convexidad del meandro) tendía a cegarse y el Canal Occidental (con acceso en la concavidad del mismo) tendía a hacer trayecto principal aun para aguas altas. Estas tendencias ya se habían establecido en el período 1900-1904 y luego siguieron desarrollándose.

Las consecuencias sobre las condiciones locales, como ya fueron anotadas por el ingeniero Repossini, pueden observarse fácilmente comparando los dos croquis de la lámina III. Especialmente importante fué el cierre natural del brazo Espinillo-Invernada (Canal Oriental): a consecuencia de la formación del banco de la Invernada (convexidad del meandro) cerrando el paso al 51 % del caudal total del Paraná que de-

(23) J. Repossini. — Obra citada, página 9.

rivaba por este brazo, el caudal del brazo Espinillo-Ciudad (Canal Oriental) quedó sobrecargado en forma absolutamente excesiva y muy desproporcionada a la capacidad de su cauce. Felizmente como consecuencia de la sobreelevación retrógrada de la vena líquida, parte (22 %) del antiguo caudal del brazo Espinillo-Invernada se ha abierto paso por el riacho de la Invernada (anteriormente sin corriente y cubierto de camalotes) el cual ha obrado así como un canal de descarga, si bien aun insuficiente, pero que en parte ha atenuado y retardado el proceso de destrucción de las barrancas del puerto. Por lo tanto la reapertura de este riacho llega a adquirir notable importancia y sobre él debe dirigirse la atención al realizarse otras tendientes a evitar mayores perjuicios en la zona norte del puerto de Rosario.

En la actualidad el 78 % del caudal total del río Paraná, que corre por el brazo Espinillo-Ciudad, es aún evidentemente excesivo para la sección del mismo brazo y su presión contra el fondo y las orillas consiguientemente notable. Al estado actual, estas condiciones desfavorables y que se traducen especialmente en las graves filtraciones en el subsuelo, no muestran tendencia a mejorar por dos motivos principales: por el hecho de que la descarga por el riacho de la Invernada, en progresivo aumento desde 1904 hasta 1911, desde esta última fecha queda estacionaria; por los obstáculos ya considerados, a la altura del Canal de los Muelles. Respecto a este segundo motivo, no hay

*Río Paraná frente a Rosario - Cauce y descarga según los datos de 1839
(Para éstos se ha indicado la descarga en % con relación al caudal principal)*

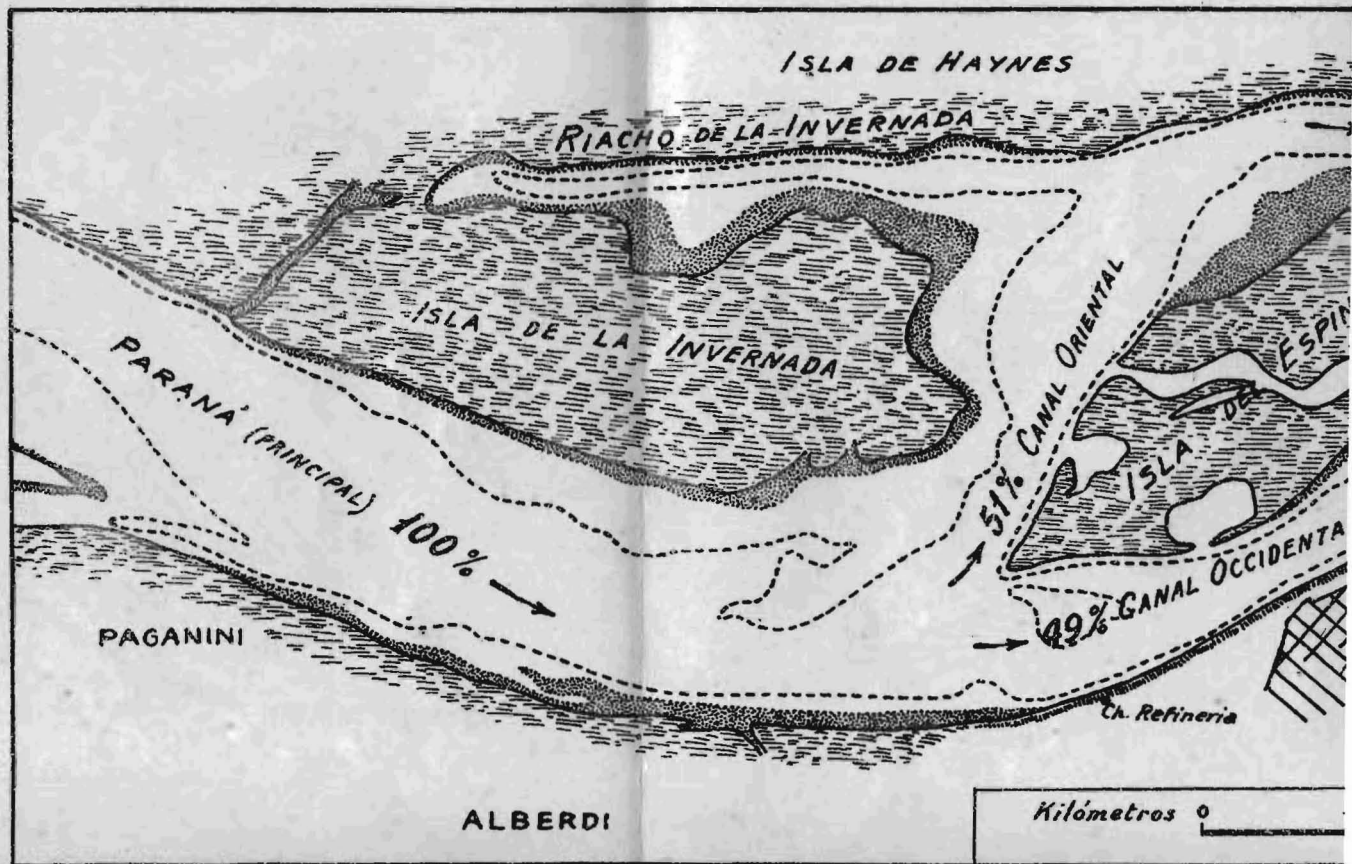
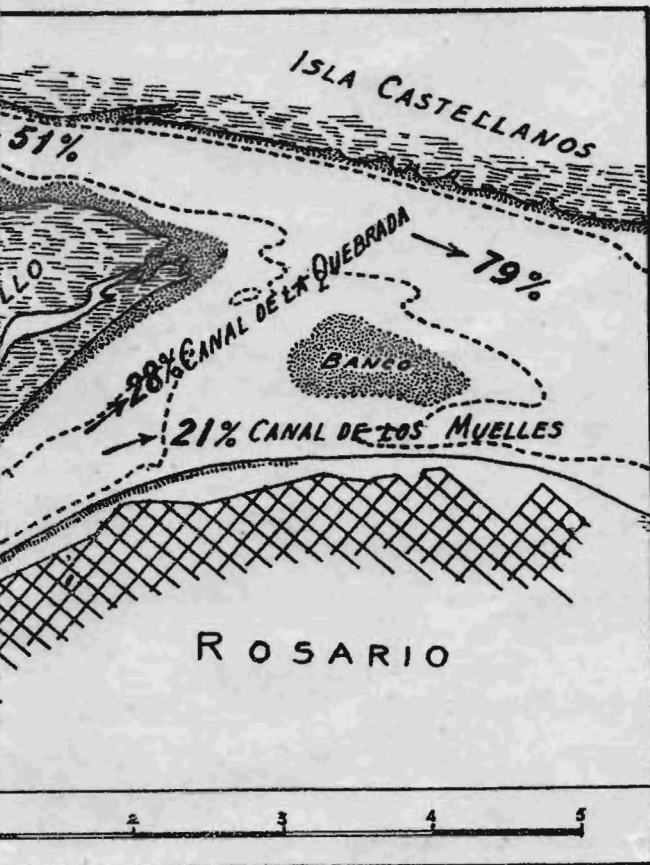


Fig.10-Cauce y descarga en el año 1839 - Antes de la construcción del dique

stintos brazos.
dal total).

Lámina III



cección.

Río Paraná frente a Rosario - Cauce y descarga según los distintos
(Para éstos se ha indicado la descarga en % con relación al caudal total)

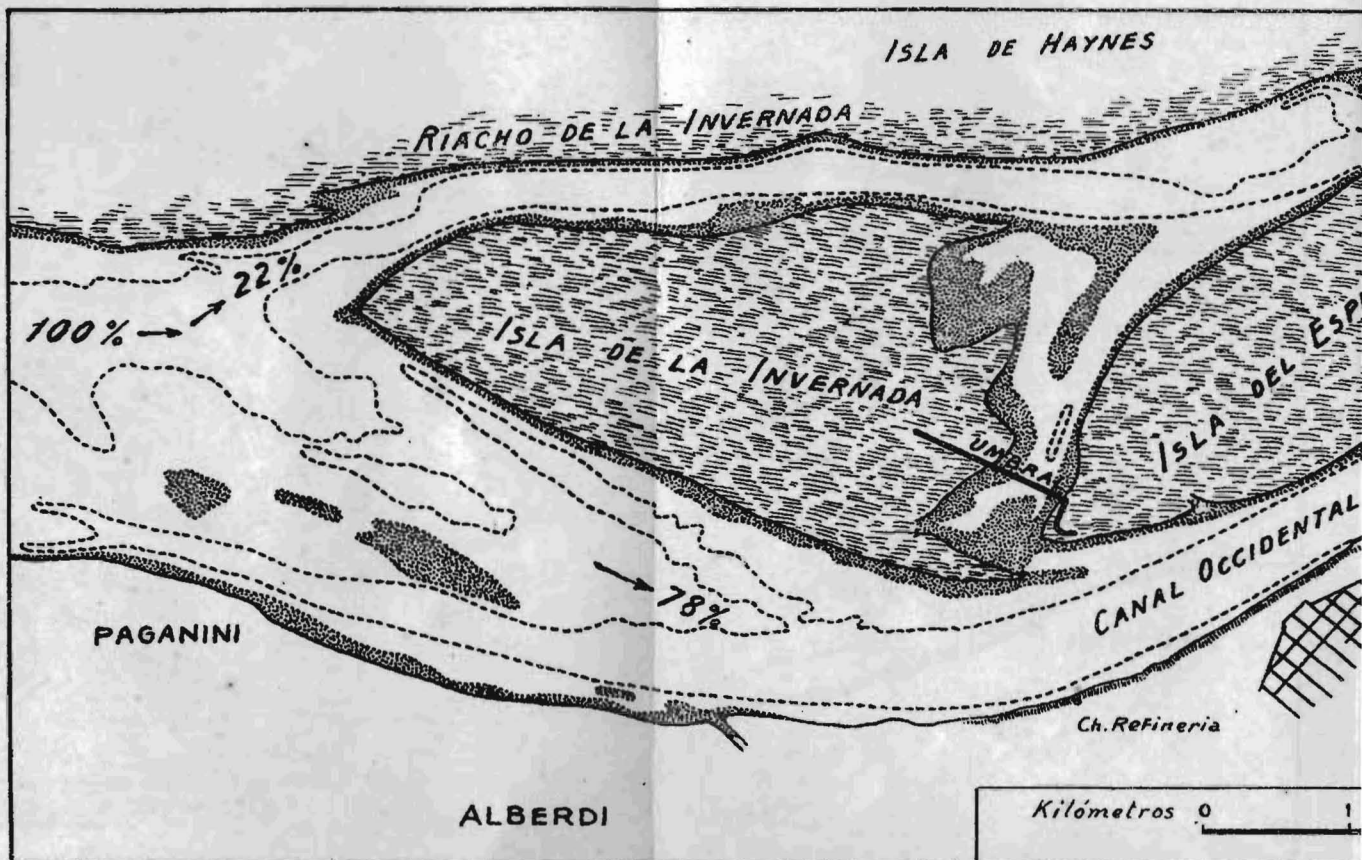


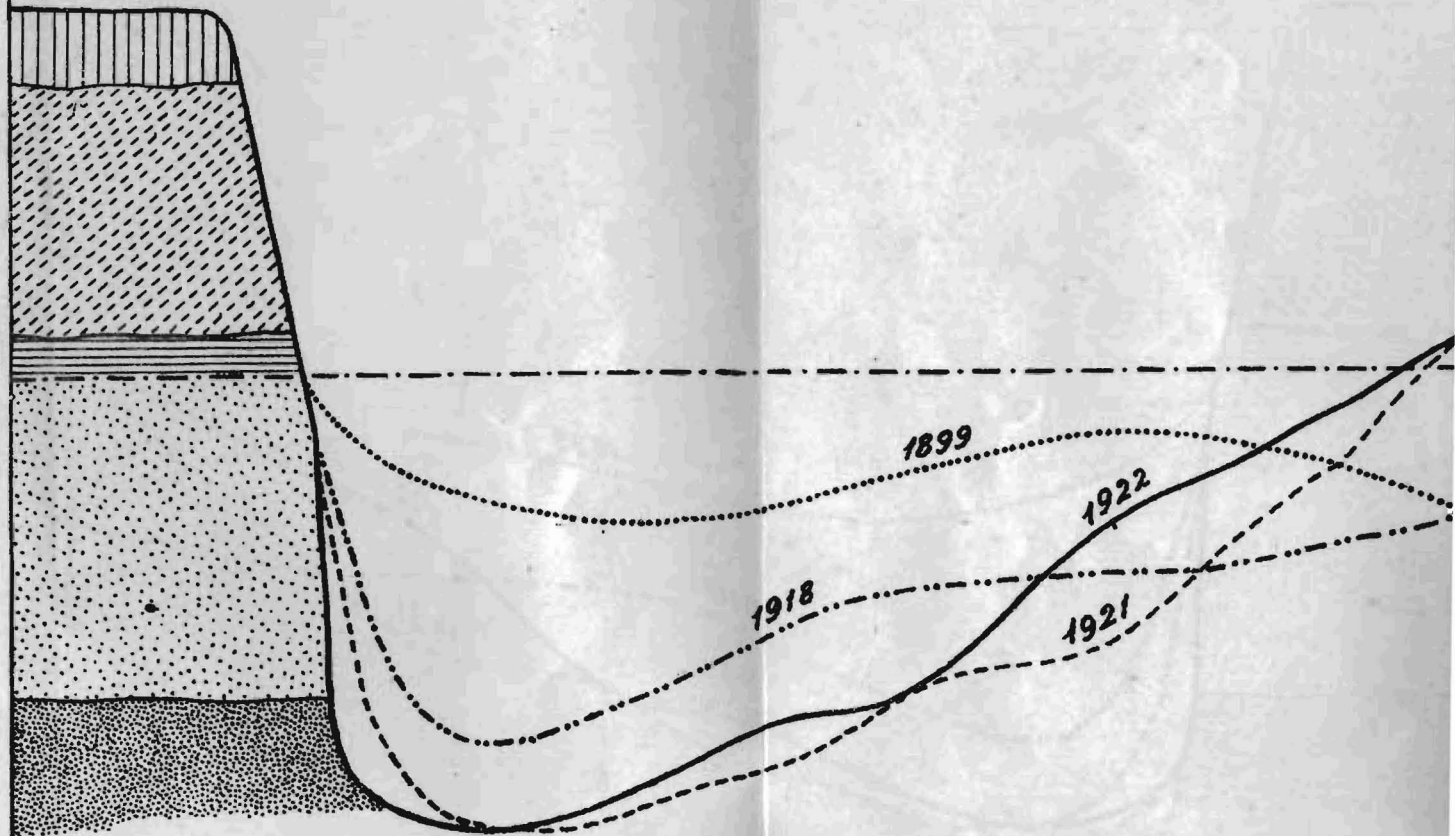
Fig. 11 - Cauce y descarga en el año 1921 - Corregio

s brazos.
tal).

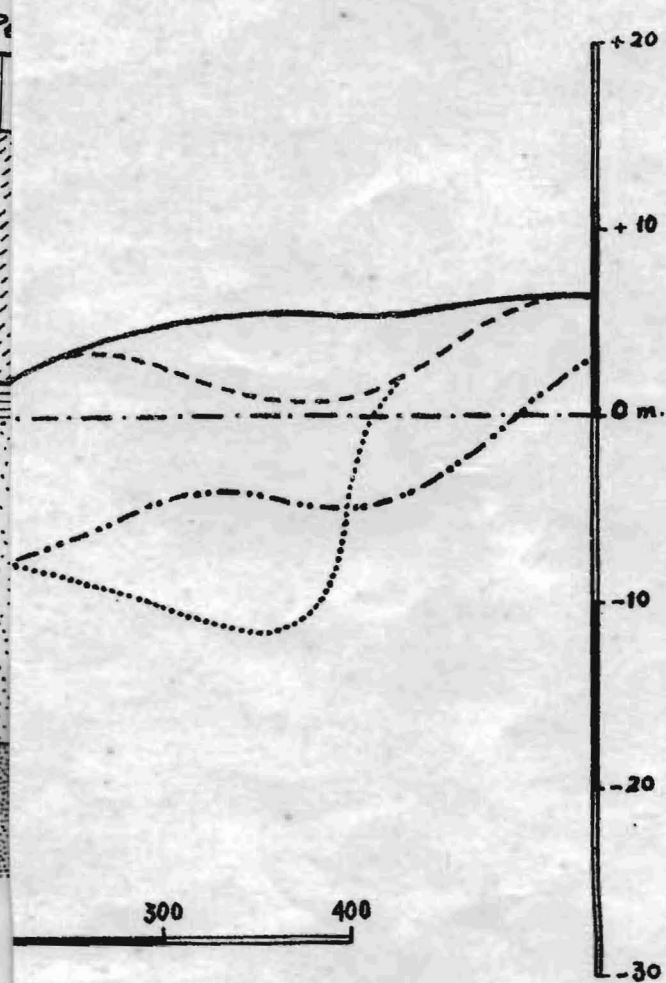
Lámina III



Refineria



0 m. 100 200



entre los
anense;

duda de que cualquier obstáculo, por pequeño que sea, agregado artificialmente en esta sección del río, empeora las condiciones locales y aumenta los efectos mecánicos de las aguas arriba del obstáculo mismo.

De lo antedicho se desprende claramente que, en esta sección, el río, favorecido por el conjunto de condiciones morfológicas y estructurales anteriormente examinadas, debe fatalmente aumentar la capacidad de su lecho en relación con la masa de su caudal. Y esta regularización va efectuándose profundizando su lecho (véase fig. 12) y minando la base de las barrancas que forman su ribera cóncava.

Estas tendencias naturales, especialmente para un río divagante de las proporciones del Paraná, difícilmente podrán influenciarse decisivamente por obras humanas. Sólo podemos abrigar la esperanza de retardar, con obras oportunamente aplicadas y hasta cierto plazo, los efectos destructores que alcanzan a perjudicarnos. Pero, mientras tanto ha sido verdaderamente temeraria la construcción de edificios e instalaciones sumamente pesadas sobre el mismo borde de una elevada barranca a pique en la ribera cóncava de un meandro con exceso de caudal; esto es, sobre el borde de formas eminentemente inestables.

Santa Fe, enero de 1925.

Pub. - FCB

PROCESADO

004616