

MORFOLOGIA Y GEOLOGIA DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

EVALUACION E INCIDENCIA GEOTECNICA

Marcelo R. Yrigoyen *

* Geólogo Consultor

RESUMEN

La morfología de la comarca de Buenos Aires está regida por el borde recortado de la meseta pampeana y por el sistema de drenaje del Río de la Plata y sus afluentes. La meseta porteña, con una superficie llanurizada de algo más de 20 metros de altura sobre el nivel bajo ordinario del río, alcanza en la intersección de la Avda. F. Beiró y Mercedes una cota máxima de 27,27 m. sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo. Por su parte, la base de las barrancas con el perímetro de la ciudad se ubica alrededor de la cota de 5,0 m. la que limita aproximadamente la terraza baja, frecuentemente inundable por las aguas del estuario en periodos de sudestada. Fuera del amplio valle del Matanzas-Riachuelo, la meseta alta porteña está incidida por una serie de vaguadas, más o menos paralelas, de rumbo dominante suroeste a noreste, siendo la más importante el valle del antiguo arroyo Maldonado, hoy entubado tal como los cursos inferiores de los arroyos Medrano, White, Vega y Manso. En la zona céntrica se encuentran las depresiones de los desaparecidos arroyos Terceros del Medio y del Sur, en tanto que, en el margen sur de la ciudad convergen otros arroyos que desaguan en los bañados del Arroyo Cildañez que entre los puentes de la Noria y Alsina se confunden con aquellos del valle del Riachuelo.

La geología de la región de Buenos Aires es relativamente sencilla. Se trata de una pila de sedimentos preferentemente continentales intercalados por algunos depósitos marinos, que se asientan sobre un relieve fracturado del basamento cristalino que asoma en la isla Martín García y en la costa uruguaya, pero que en la capital se encuentra sepultado a unos 280 a 400 m. de profundidad. Este zócalo viejo, de más de 2085 millones de años de antigüedad, soporta formaciones sedimentarias que van sucediéndose en forma casi continua desde el Oligoceno hasta el Pleistoceno y Holoceno, los que afloran en reducidos lugares de la ciudad. Sin duda los depósitos más recientes son aquellos del creciente delta del Paraná, cuyo borde sur sumergido -el prodelta- ya ha alcanzado la zona del puerto y sus canales de acceso.

Los caracteres morfológicos y geológicos del área de Buenos Aires tienen una incidencia directa en la problemática geotécnica de nuestra ciudad. Si bien el subsuelo alcanzado por las obras civiles puede aparentar una cierta homogeneidad, es frecuente el encontrar variaciones notables aún a distancias relativamente cortas, debido a súbitos cambios litológicos cuando se pasa de un depósito encajante firme a

otro depósito de cauce encajonado, de distinto origen y con características geotécnicas muy diferentes. Esto hace necesario el trabajo conjunto de geólogos e ingenieros de mecánica de suelos en la prognosis, interpretación y aún solución de los variados problemas geotécnicos que presenta la región del Gran Buenos Aires.

I - MORFOLOGIA

La meseta pampeana y el río

El relieve de la región de Buenos Aires y sus alrededores está regido por dos elementos primordiales: por un lado el borde de la meseta y por otro el Río de la Plata y su sistema de drenaje. En efecto, la meseta pampeana o, mejor dicho, la terraza pampeana ostenta frente al río un borde recortado, bien definido en largas extensiones, que presenta barrancas más o menos empinadas de algo más de una decena de metros de altura sobre la terraza baja; es decir, sobre aquella franja de playa fluvial que con anchura diferente según las zonas llega hasta el borde de las aguas del río "color de león".

A grandes rasgos, apreciándola a escala geográfica, la región de la ribera porteña; ésto es, el borde de la terraza pampeana; no ha sufrido mayores variaciones en los últimos siglos, excepción hecha quizá del avance paulatino del delta del Paraná que progresivamente va extendiéndose desde el noreste aguas abajo. No obstante, observada con mayor detalle, la fisonomía de la comarca ha cambiado notoriamente en los últimos 120 años. Hasta entonces, siguiendo a Aníbal Cardoso (1911), conservaba Buenos Aires mucho de su aspecto colonial. Prescindiendo de la edificación, se hallaban todavía en nuestra ciudad vestigios evidentes de la antigua conformación del terreno, de los desagües naturales que lo cruzaban, del recorte de sus playas y barrancas, de los bajos pantanos y lagunas y hasta de la vegetación que un día fue dueña y señora de riberas, barrancas y mesetas (Figura 1).

La obra del tiempo y más que ella la del hombre, ha modificado en gran manera el terreno colonial de antaño que ocupa la Metrópoli de hoy. Los antiguos arroyos han desaparecido y con ello varias lagunas que más adentro había. Las barrancas de las costas han sido "peinadas" en suave declive para facilitar la bajada a la antigua ribera y sólo pueden verse lo que eran en la parte sur de la ciudad, en el Parque Lezama o en el norte, por Belgrano y más allá de Núñez.

La costa no ha sido menos modificada. El Riachuelo ha sido canalizado y rectificado su curso, quitándole muchas de sus innumerables curvas. La mayor profundidad de su cauce y la relativa limpieza de sus orillas ha activado la corriente favoreciendo la desecación de los baños del valle, haciendo desaparecer pajonales, juncos y vegetación ribereña que lo cubrían. Por el frente del río las obras del puerto han modificado totalmente la antigua costa desde Retiro hasta la Boca, borrando del antiguo Buenos Ayres los recortes de la playa y los terrenos inundables que se hallaban a la entrada del Riachuelo. Al norte, las obras de los ferrocarriles, superusinas, aeroparques y los rellenos continuos han hecho desaparecer también la antigua ribera del Plata de siglos pasados.

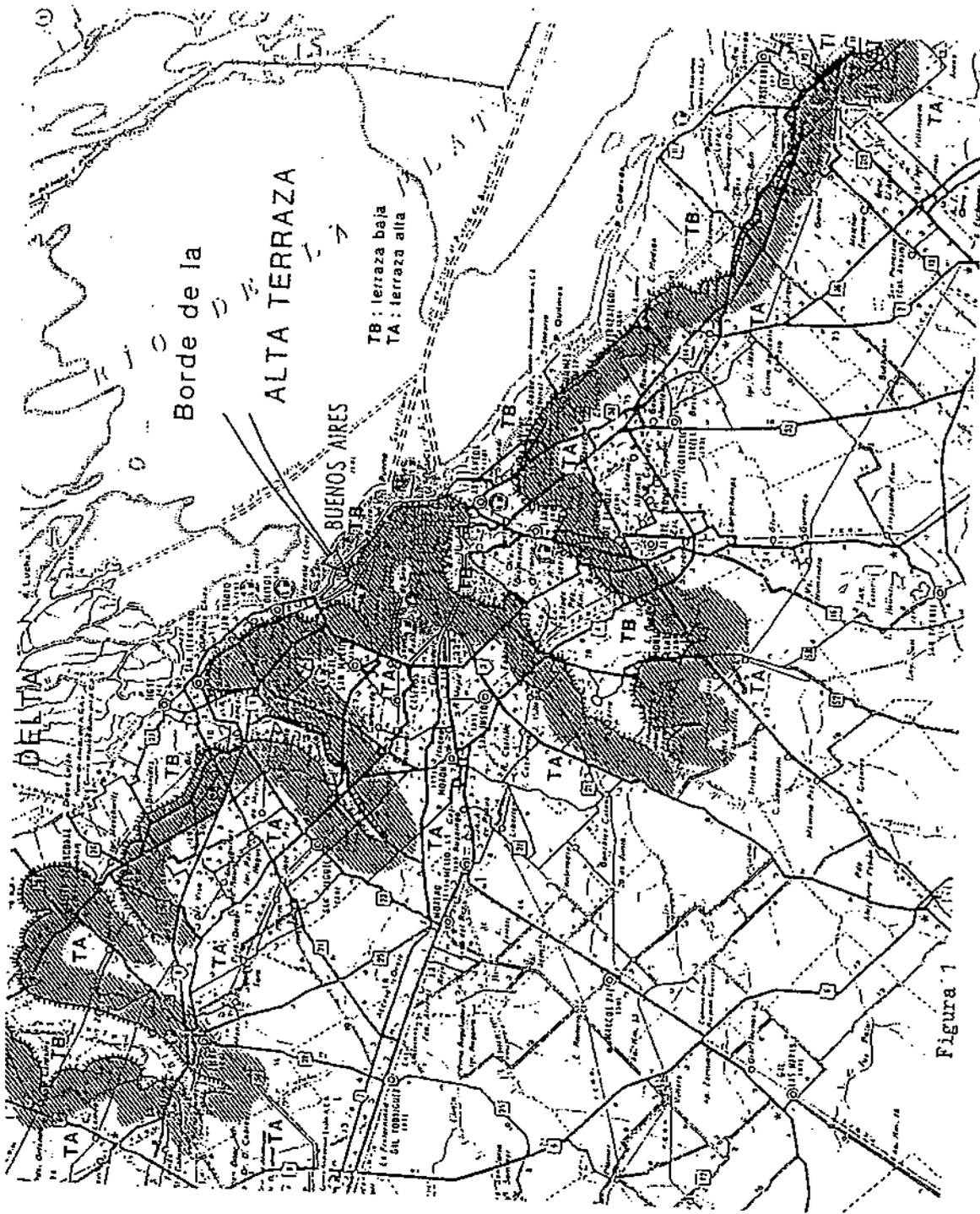


Figura 1

La llamada meseta porteña tiene una superficie llanurizada de algo más de 20 metros de altura sobre el río. La cota máxima de la ciudad alcanza los 27,27 metros sobre el cero del Riachuelo (1) y se encuentra a pocas cuadras de la Estación Villa Devoto; en la intersección de la Avenida Francisco Beiró y Mercedes. Esta "prominente" elevación ha sido aprovechada para instalar un gran depósito de aguas corrientes de Obras Sanitarias de la Nación. Por su parte, las barrancas del perímetro de la ciudad tienen su base alrededor de la cota de 5 metros, aunque tierra adentro el pie de las mismas va ascendiendo paulatinamente hasta llegar a los 8 y aún 10 m. sobre el cero.

Este "cero normal", por Decreto del 13 de agosto de 1899, se ha establecido como origen para todas las nivelaciones nacionales y reemplazó al antiguo "cero" municipal que era el nivel de la estrella central del peristilo de la Catedral metropolitana, 19 m. más alto que las aguas bajas ordinarias del Plata.

Algunos autores han utilizado en sus trabajos cotas de nivel topográfico con otros planos de referencia, lo que acarrea frecuentes confusiones al no indicarse a qué "cero" están referidas. El mencionado Decreto surgió de la necesidad de unificar criterios, dando al mismo tiempo los valores de corrección para el cálculo entre los diversos sistemas. En el gráfico que sigue (Figura 2) se indican en metros hasta fracciones de décimo de milímetro la comparación de los niveles de referencia más frecuentes, tales como el "cero" del peristilo de la Catedral, el nivel de la línea de ribera (aguas altas), el "cero" de las obras de salubridad y de la antigua nivelación de la Dirección General de Catastro y aún el "cero" de las obras del puerto capitalino, que estaba a más de 38 m. por debajo del "cero" de la Catedral Metropolitana.

Al final, se agrega una tabla de comparación de los "ceros" topográficos utilizados en el conurbano bonaerense. La misma ha sido confeccionada con datos suministrados por la Dirección General de Navegación y Puertos del Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Barrancas porteñas

Las conocidas barrancas porteñas que dominan algunos sectores de nuestra ciudad se prolongan por largo trecho mucho más al noroeste y al sudeste del éjido capitalino, si bien recortadas por profundas penetraciones tierra adentro en donde conforman los márgenes de los cursos de agua principales. Las entradas mayores se registran en los dos grandes valles pampeanos de la región: el río Luján al norte y el río Matanzas-Riachuelo en el sur (ver Figura 1).

En el primer caso, la barranca costera del Plata cobra especial evidencia en la zona alta del Cazador. Desde allí sigue al sur con escotaduras importantes correspondiendo con los cauces de los arroyos Escobar y Las Tunas. Desde General Pachecho la barranca costera vuelve a retraerse aún

(1) Este "cero" se supone coincidente con el nivel de aguas bajas ordinarias del estuario del Plata y corresponde al "cero" de la escala del mareógrafo del Riachuelo.

COTAS DE DIVERSOS PLANOS DE COMPARACION DE NIVELES REFERIDOS AL PERISTILO DE LA CATEDRAL

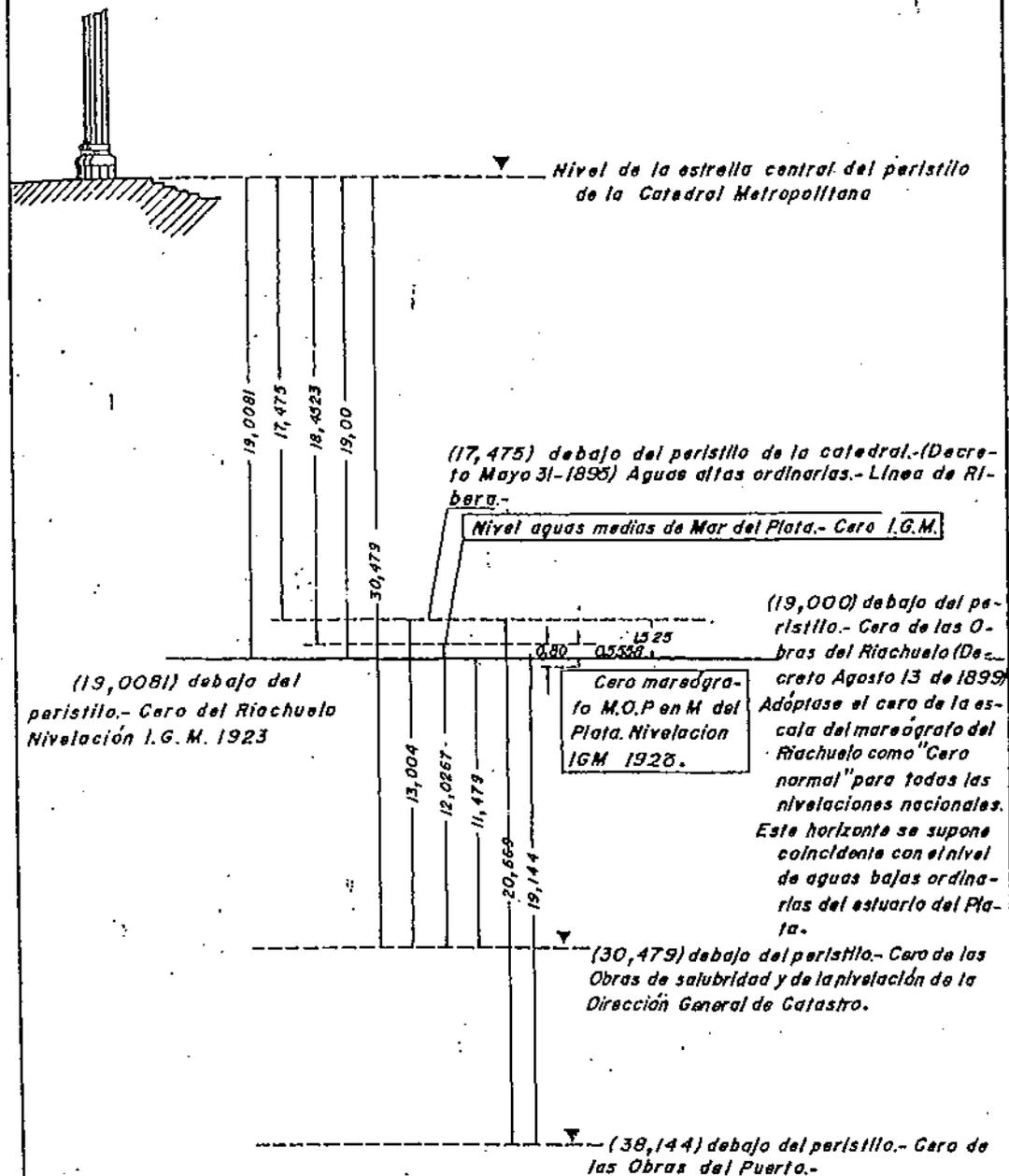


Figura 2

Nota: es copia de un plano de la Dirección General de Catastro de fecha 6/5/1941

COMPARACION DE CEROS TOPOGRAFICOS

PLANOS DE REFERENCIA	Estrella Peristillo Catedral	Aguas altas ordinarias Rio de la Plata	Cero Instituto Geografico Militar	Cero Mareografo Riachuelo	Cero Mareografo Pto. Mar del Plata	Cero O.S.N. y Municipalidad Buenos Aires	Cero de la Capital M.O.P.
ESTRELLA DEL PERISTILLO CATEDRAL BUENOS AIRES	+0.000	+17475	+18444	+19000	+19255	+30479	+38144
AGUAS ALTAS ORDINARIAS RIO DE LA PLATA Línea de Ribera	-17475	+0.000	+0.969	+1.525	+1.780	+13004	+20669
CERO INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR Nivel Medio del Mar	-15444	-0.969	+0.000	+0.556	+0.811	+12035	+19700
CERO MAREOGRAFO RIACHUELO	-19000	-1.525	-0.556	+0.000	+0.255	+11479	+19144
CERO MAREOGRAFO PUERTO DE MAR DEL PLATA	-19255	-1.780	-0.811	-0.255	+0.000	+11224	+18889
CERO O.S.N. Y MUNICIPALIDAD CIUDAD DE BUENOS AIRES	-30479	-13004	-12035	-11479	-11224	+0.000	+7.665
CERO PUERTO DE LA CAPITAL M.O.P.	-38144	-20669	-19700	-19144	-18889	-7.655	+0.000

ESTRELLA PERISTILLO DE LA CATEDRAL	17.475	10889	10889	10889	10889	10889	10889
RIO DE LA PLATA ORDINARIAS		10889	10889	10889	10889	10889	10889
CERO INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR		10889	10889	10889	10889	10889	10889
CERO MAREOGRAFO RIACHUELO		10889	10889	10889	10889	10889	10889
CERO MAREOGRAFO PUERTO DE MAR DEL PLATA		10889	10889	10889	10889	10889	10889
CERO O.S.N. / Municip. Bs. As.		10889	10889	10889	10889	10889	10889
Cero Puerto de la Capital		10889	10889	10889	10889	10889	10889

38144

más en el valle del río Reconquista, adentrándose hasta el sur de Campo de Mayo y Bella Vista. Luego, acompañando la orilla derecha del mismo valle, el relieve alto vuelve a acercarse a la ribera por José León Suárez y Boulogne para ya enfrentar directamente al Río de la Plata a la altura de San Fernando. Desde allí, al pie del barranco que coincide aproximadamente con la cota de 5m. sobre el cero, delimita una muy angosta franja costera baja e inundable por San Isidro y Anchorena hasta Vicente López en donde, ya sobre el límite de la Capital Federal, la barranca se retrae nuevamente por los cauces más o menos paralelos de los arroyos Medrano, Vega, Maldonado y Manso, hoy todos ellos entubados y fuera de nuestra vista desde más de medio siglo.

En este tramo, la zona baja y anegadiza, aún en tiempos históricos, se ampliaba notablemente (hasta 3 km. de ancho) por los bajos y bañados de Núñez, Belgrano y Palermo. A la altura de Retiro y centro de la ciudad, las aguas del río lamían frecuentemente el pie de la escarpada barranca por donde hoy corren las Avenidas Libertador San Martín, Leandro N. Alem y Paseo Colón hasta los Altos de San Pedro, en el Parque Lezama. En pleno centro, en donde estuvo el primitivo Fuerte (hoy Casa Rosada) la barranca era especialmente abrupta, sobre todo en su parte norte, tanto que para descender a la ribera en carruajes sólo podía hacerse a la altura de la Avenida Belgrano o más allá de la de Córdoba.

En la Punta Lezama, el borde de la meseta cambia su trazado aproximadamente meridiano para dirigirse francamente al suroeste, flanqueando así el amplio valle del Riachuelo-Matanzas. Su distintiva expresión topográfica elevada llevó a J.J. Nágera (1936) a denominar este sector como "Puntas de Santa María del Buen Aire", que se extienden desde la Avenida Independencia, por Paseo Colón, Martín García, Vieytes, Suárez y Perdriel.

El gran valle del Riachuelo alcanza en esta zona su máxima anchura, ampliándose hasta unos 6 km. entre Parque Lezama, en su margen izquierda, y las elevaciones apenas insinuadas de su margen derecha, algo al norte de Lanús. Dentro todavía de la ciudad capital el frente barrancoso se retrae nuevamente en una amplia escotadura, por cuyo fondo corre el arroyo Cildañez, para acercarse nuevamente al Riachuelo en el extremo sur del Autódromo Municipal y Puente de la Noria.

Siguiendo aguas arriba, las márgenes escarpadas del valle fluvial del Matanzas pueden reconocerse por el sur de Tapiales y ciudad General Belgrano hasta más allá de su confluencia con el arroyo Morales, en la zona de González Catán. Desde allí, volviendo al río, el dibujo de la margen derecha del valle fluvial se torna mucho más difuso debido a que el terreno trepa suavemente, con muy aislados tramos de pendientes notables. Es en este punto donde el valle se ensancha dejando una extensa zona de bajos y bañados que se enmarcan entre el arroyo de Las Ortigas (Esteban Echeverría) siguiendo por las cañadas de Santa Catalina y terminando en el arroyo del Rey, entre Llavallol y Temperley.

Como ya se dijo, la ceja de la barranca vuelve a tener suave manifestación desde el oeste de Banfield y Lanús para luego dirigirse hacia el este y sureste a la altura de Sarandí, Wilde, Bernal y Quilmes, muy cercana y paralela al recorrido de las vías férreas del Ferrocarril Roca, pero adquiriendo muy buena expresión topográfica en el último tramo mencionado. En esa zona, desde el pie de la barranca hasta la costa del Río de la Plata,

se extiende otra vez la faja costanera baja e inundable, que partiendo desde la boca del Riachuelo se prolonga hasta más allá de la ciudad de La Plata, siempre con un ancho importante que alcanza hasta los 10 km. a la altura de Villa Elisa.

La meseta pampeana y las barrancas porteñas han tenido especial importancia para las dos fundaciones de Buenos Aires.

Sin duda, al pisar nuestra costa los fundadores se encontraron, por un lado, con una "alta" meseta, adornada por aisladas arboledas de tallas, algarrobos, calafates, acacias y coronillo negro, y, por el otro, con el valle pantanoso y triste de los bañados del Riachuelo, con juncales y pajonales salpicados por aislados montes de sauces, ceibos y sarandí negro que servían de refugio a los indios querandíes. Después de cruzar el Plata, Don Pedro de Mendoza fondeó sus barcos frente a las barrancas, *"mediante los más pequeños en el Riachuelo del canal media legua arriba, fundó en la meseta una población que puso por nombre Santa María manteniendo el nombre de Buenos Aires para el puerto vecino, en el año 1536"* (Díaz de Guzmán, 1612).

Después de muchas vicisitudes que narra la historia, cuarenta y cuatro años más tarde correspondió al segundo fundador de nuestra ciudad capital, Don Juan de Garay, volver sobre los pasos de los primeros conquistadores. Bajando desde la Asunción, fondeó sus naves en el Puerto de Buenos Aires y eligió también otro cercano punto alto de la meseta porteña para fundar su ciudad de la Trinidad, en lo que es hoy sitio de nuestra casa de gobierno nacional (figura 3).

No entraremos en mayores detalles geográficos pues ya nos hemos referido a ello con suficiente extensión en otra oportunidad (Yrigoyen, 1978). Sólo diremos que hoy, a nuestro criterio, el más probable sitio de la primera fundación de Don Pedro de Mendoza debía estar en la meseta situada algo más arriba que el actual Parque Lezama, dentro de la manzana enmarcada por las calles Perú, Brasil, Bolívar y Avenida Caseros. Ello hace coincidir las crónicas históricas con un minucioso análisis topográfico y también con las condiciones ambientales requeridas para toda fundación, de acuerdo con las vigentes y muy respetadas "Leyes de Indias" de la corona española del siglo XVI.

Ríos y arroyos porteños

Si bien hoy podemos recorrer la ciudad en todas direcciones sin mayores diferencias de altura y sólo cruzando muy pocos puentes, el relativamente accidentado relieve original de su territorio no se ha enmascarado totalmente. Tenemos pruebas de ello. Hace cuarenta años atrás, la Municipalidad de Buenos Aires ejecutó un detallado relevamiento planimétrico aerofotográfico a escala 1:10,000 que permite efectuar una reconstrucción muy ajustada de la topografía regional. Vista a grandes rasgos, se evidencia que este sector de la meseta pampeana está incidida por una serie de vaguadas más o menos paralelas con rumbo dominante de sudoeste a nordeste. Haciendo abstracción del gran valle del Riachuelo, el más importante de ellos es el valle deprimido del arroyo Maldonado que, con nacientes por San Justo y Haedo, penetra en el éjido capitalino a la altura de Liniers y se dirige diagonalmente hacia la zona del Aeropuerto metropo

litano, saliendo hoy al Plata en las cercanías del Club de Pescadores. El Maldonado, luego de recorrer 19 km. desde sus cabeceras, constituye un amplio colector que recoge dentro de la capital las aguas que descienden de las dos divisorias que se elevan por encima de los 20 m. sobre el cero del Riachuelo, extendidas al norte y al sur de su antiguo cauce natural. Estas partes altas de la meseta erosionada son hoy los barrios de Flores, Caballito y Almagro por el sureste, en tanto que por el noroeste el relieve elevado se reconoce desde las barrancas de Belgrano hacia Agronomía, Villa del Parque y Devoto, en donde -como ya mencionamos- se encuentra la altura máxima de la ciudad (27,27 metros). (Figura 4).

22 m
de
barrancas

Estudiando la aerofotogrametría, se aprecia que la desembocadura del arroyo Maldonado al Plata ha sido divagante, variando con cauces temporarios de un lugar a otro por la zona del actual Aeroparque hasta cerca del Puerto Nuevo. En efecto, al abandonar el valle labrado en la meseta (por debajo de la cota 10 metros) el cauce del arroyo pierde definición al llegar a la zona costera, baja y anegadiza, y sus cursos de desagüe apenas se adivinan entre bañados y lagunas muchas de las cuales, si bien algo modificadas, se mantienen todavía dentro del Hipódromo Argentino, Parque 3 de Febrero y Campo de Golf Municipal. Para evitar estas erráticas variaciones, mejorar el área y simplificar el transporte, largo tiempo atrás se llevó a cabo la rectificación del curso inferior del Maldonado, como puede apreciarse en los viejos planos de la ciudad. La primitiva rectificación se iniciaba en el "Paso Empedrado", luego suplantado por un puente para el "camino de Santa Fé", tal como figura ya en el plano relevado para Rosas por el agrimensor Nicolás Descalzi, fechado 3 de julio de 1837 (1).

Las cabeceras del arroyo Maldonado se encuentran en un abanico que se abre desde Caseros, Palomar, Haedo y San Justo, reuniendo las aguas en un sólo colector a partir de Ciudadela siguiendo la avenida Gaona. Desde allí el cauce natural penetraba por el "rond-point" de General Paz y Juan B. Justo el área capitalina, continuando con muy breves desviaciones el trazado de la Avenida Juan B. Justo hasta el río. La construcción de la avenida en 1942 derivó del entubamiento del propio arroyo iniciado en 1937. Como todos los ríos pampeanos, el cauce del Maldonado posee un muy suave declive, del orden de un metro por kilómetro. Esta mísera pendiente, sumada a las frecuentes sudestadas que cancelan el desagüe natural del curso, hacían frecuentes las inundaciones provocadas por el arroyo luego de una lluvia torrencial. Para evitarlas se decidió su entubación, perdiendo Buenos Aires las posibilidades de tener un curso de agua natural que, con un debido control y una adecuada parquización, hubiera agregado su belleza a la monótona urbanización porteña.

Sabiendo que el hoy invisible arroyo Maldonado se desliza por un conducto de hormigón armado de 15 m. de ancho por 4 m. de altura, lo que permite una capacidad conductiva de 206 m³/segundo a la altura de la Avenida General Paz y 340 m³/segundo en su desembocadura al Río de la Plata, nos resulta difícil imaginarlo antes como un pintoresco arroyo perma

(1) Copias de muchos de los valiosos viejos planos de mensura citados en el texto han sido generosamente puestos a disposición del autor por la Prof. Elisa Casella de Calderón, por lo que reiteramos aquí nuestro especial agradecimiento.



Figura 4

nementemente bordeado por mimbres y sauzales. Menos aún el pensar verlo surcar por faluas y lanchas a vapor como ocurría en los tiempos de Rosas, dueño y señor del bajo de Palermo. En ese entonces, desde su Palacio de Palermo de San Benito (ocupado en 1848), sus invitados gozaban el navegar desde cerca de lo que es hoy el Monumento de los Españoles (Avenida Sarmiento y Libertador General San Martín) por un canal artificial abierto a pico y pala (el actual "Zanjón de Rosas") que unía los lagos de Palermo con el Río de la Plata. Los botes y lanchas salían al río abierto y luego penetraban por la boca del Maldonado, activo puerto de pescadores -y también de contrabandistas- amparados por las arboledas ribereñas y desde allí remontaban el arroyo hasta el "Paso Fantanoso", ya entonces reemplazado por el "Puente Obligado", sobre el camino de Palermo (hoy Avenida Libertador). Este era el desembarco de los paseantes que luego regresaban al Palacio en carruajes que recorrían aquel amplio camino cubierto de conchillas.

Por el ángulo norte de la ciudad discurrían otros tres arroyos permanentes, de cauces más o menos paralelos al descripto Maldonado. De norte a sur corrían los arroyos Medrano, White y Vega. El primero de ellos, de más de 8 km. de longitud, era el más importante, con cabeceras en la localidad de Caseros, desde donde, con rumbo al noreste, penetraba en el éjido capitalino cruzando la Avenida General Paz a al altura del Parque Presidente Sarmiento. Su cauce amplio, algo divagante, se expandía luego en una laguna dentro del Parque Saavedra, para luego dirigirse a la ribera del Plata siguiendo aproximadamente el trazado de la Avenida García del Río, cuyo pavimento cubrió su total entubación. Hasta mitad del siglo pasado el Medrano mantenía varias curvas y meandros cruzados por puentes en el camino del alto a San Isidro (Avenida Cabildo) y en el "camino del bajo", también llamado "antiguo camino a Santa Fe", hoy Avenida del Libertador, como figura en el plano de mensura de Teodoro Fremiot (1863), pero posteriormente fue rectificado en su tramo inferior, como ya aparece en otro interesante plano de los "terrenos en el bañado de Palermo, que pertenecieron a Don J.M. de Rozas" ejecutado por Domingo Amézola en 1897.

Seguía al sureste el Arroyo White, el más corto de todos, originalmente llamado "Arroyo de Cobos" o "Arroyo de Días", apellido del presbítero que poseía la "quinta" lindera a la de Don Diego White, por aquellos tiempos fuerte terrateniente de la zona norte de la Capital. El White, naciendo cerca de la Avenida del Tejar, se destacaba por un recto curso inferior muy probablemente inducido por el zanjón divisorio que limitaba las mencionadas propiedades. En el siglo pasado era frecuente delimitar las parcelas de terrenos privados con cercos de tunas o cina-cina y también, en la zona de bañados, por medio de zanjas, las que a la vez de señalar la separación de propiedades permitían mejorar el drenaje del río, como aún se acostumbra en las islas del Delta.

El tercer curso importante de la zona era el Arroyo Vega, el que con una mayor extensión (4.3 km.) colectaba las aguas desde Villa Devoto, por su cauce principal, hasta Chacarita de donde bajaba un afluente importante que corría por la actual Avenida Elcano que recubre su entubación. Ya en Avenida Cabildo se unía al Vega que desde allí seguía con pocas desviaciones la calle Blanco Encalada mostrando en la intersección con Migueletes un codo pronunciado llamado históricamente "la curva del Pobre Diablo". El Arroyo Vega, ya a principios del siglo pasado, estaba cruzado por algunos puentes de madera, iniciándose en 1912 los trabajos de profundi

zación y rectificación de su curso inferior. Otro curso menor seguía al sur, desaguardo los bajos del Club Municipal de Golf. Su característico arbolado le dio el nombre de Arroyo del Membrillo, que caía al bañado del río a la altura de la calle Echeverría.

Trasapando el Arroyo Maldonado descripto más arriba seguía hacia Retiro del Arroyo Manso, que colectaba las aguas de una sucesión de lagunas ubicadas en la zona de Almagro. Estas se encontraban en incisiones de la meseta porteña cercana a las intersecciones de las actuales calles Alsina y 24 de Septiembre; Avenida Belgrano y Saavedra; Corrientes y Anchorena y Lavalle y Saavedra. El Arroyo Manso tenía su bajada al río cortando la barranca en la calle Austria. Cuando Rosas urbanizó sus propiedades en el bañado de Palermo, hizo desviar las aguas del Manso hacia los jardines del Palacio, en donde excavaron reservorios, "baños" y canales, algunos de ellos con calado suficiente para ser navegables hasta el Plata.

Más adelante la terraza porteña destacaba originalmente tres al tos topográficos: la "meseta del Norte", la "meseta del Medio" y la "meseta del Sur". Estos tres relieves elevados estaban entonces separados por arroyos de aguas abundantes que desembocaban al río cortando el borde barrancoso de las mesetas a través de "zanjones". Entre la meseta del Sur y del Medio corría el llamado arroyo "Tercero del Sur" que naciendo en los altos del Parque de los Patricios descendía hacia el noreste, pasando frente a Plaza Constitución hasta la actual esquina de Independencia y Defensa. Allí presentaba un codo pronunciado que formando el "Zanjón de los Granados" seguía surcando el borde de la meseta por la cortada de San Lorenzo para finalmente volcarse a la playa del río a la altura de la Avenida San Juan. (ver Figura 3).

Unas 18 cuadras más al norte, corría también hacia el noreste otro arroyo denominado "Tercero del Medio" cuyas nacientes se encontraban más allá del actual cruce de las calles Humberto I y Solís, por el sur. Seguía su curso por la Plaza Lorea hasta que a la altura de Avenida Córdoba y Suipacha (donde existiera el llamado "Puente de Suspiros") torcía Barranca abajo hacia el nacimiento para desaguar en las playas toscas por medio del "Zanjón de Matorras", cuyo tramo inferior correspondía a la actual calle Tres Sargentos.

Si efectuamos una reconstrucción tridimensional del relieve coterro de la ciudad de Buenos Aires en el siglo XVI, se destaca claramente la semicircular "meseta del Medio". Este domo topográfico, que aparecía rodeado por "zanjones", se levantaba notoriamente frente al río, estando su punto más elevado (cota 22,50 metros sobre el cero) en donde está hoy la Iglesia de San Miguel, en la intersección de las calles Suipacha y Bartolomé Mitre. Fue en esta "meseta del Medio" y más exactamente en el centro de su borde elevado del nacimiento, donde Don Juan de Garay refundó nuestra ciudad el 11 de junio de 1580.

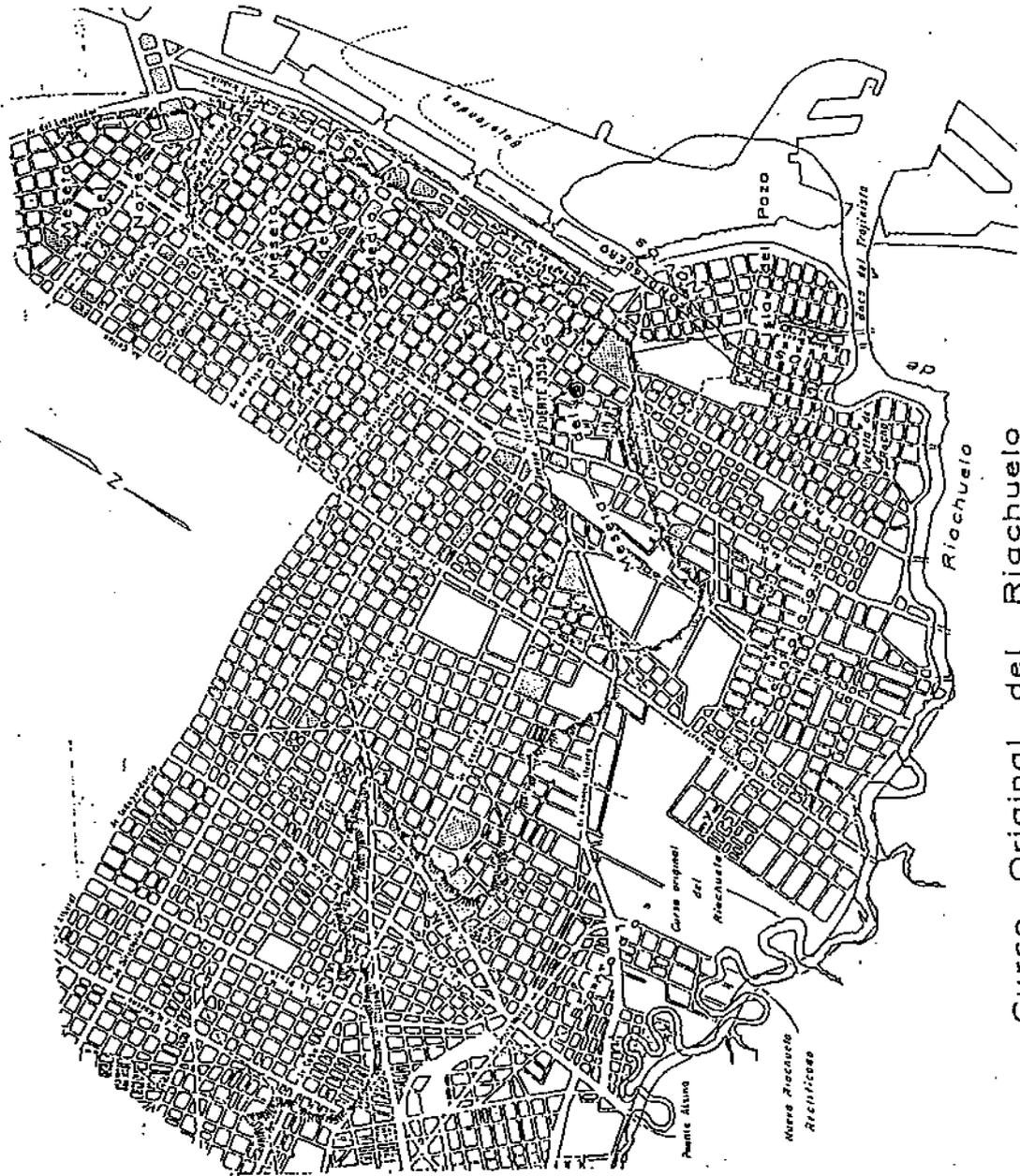
Algo más atrás hemos hecho algunas referencias al gran valle fluvial del Riachuelo, que margina de sudoeste a noreste el éjido porteño. Hoy estamos habituados a verlo por su curso artificial, canalizado, que ha eliminado buena parte de sus curvas desde la Boca hasta Avenida Vélez Sarsfield. A partir de allí, el recto canal que se prolonga al

suroeste hasta los balnearios públicos cercanos al aeropuerto de Ezeizá, lo hace absolutamente irreconocible. Su curso original, que puede interpretarse fielmente por fotografías aéreas, resulta totalmente diferente. Antes de la urbanización y sus rellenos artificiales se trataba de un tortuoso cauce definido por notables meandros dibujados entre la Avenida Vélez Sarsfield y la Avenida General Paz (Figura 5). Estas curvas y con traccuas, con forma de la letra griega omega, poseen muy pequeño radio, del orden de 100 a 50 metros. Las aerofotografías muestran también muchos meandros viejos, abandonados y superpuestos por nuevos meandros del divagante Riachuelo, resultante de la mecánica fluvial de un río de escasa velocidad y de desembocadura frecuentemente cegada por barras costeras. Este cuadro geográfico tiene evidente expresión desde el Autódromo Municipal, aguas abajo. Allí un viejo Matanzas-Riachuelo divagante ha ampliado enormemente el valle fluvial de la desembocadura del curso, hecho notable en los bañados del arroyo Cildañez. Este curso abierto que hoy vemos prolijamente rectificado en su tramo inferior, paralelo a la calle Medina, tiene sus cabeceras por Villa Lugano, Mataderos y Parque Avelleda, hacia donde se retrae el borde recortado de la meseta porteña. Este importante colector, que hoy recibe subterráneamente caudales adicionales del arroyo Maldonado por una entubación derivadora, al llegar a la zona baja se tornaba difuso y divagante entre bañados y lagunas semitemporarias.

A imagen de aquellos playos espejos de agua, en la actualidad, regidos por la nueva urbanización, existen aún un par de depresiones anegadas: el lago Soldati, en el barrio de igual nombre entre Medina y Lacroix, y el lago Lugano, próximo al Riachuelo y la boca del Cildañez. Estas zonas tan bajas están naturalmente condenadas a frecuentes inundaciones, ya sea por crecidas del estuario o por lluvias torrenciales. En ambos casos, las aguas rebalsan los cauces actuales y se derraman en las planicies aluviales ocupando los antiguos cauces mayores de inundación. Esta situación no es privativa del arroyo Cildañez, sino que se repite naturalmente en casi todos los cursos de agua que surcan por nuestra meseta pampeana de característica chatarra.

Actualmente el desarrollo urbano ha agravado la situación. Las planicies aluviales y sus valles han sido ocupados por la urbanización y pese a los sistemas de desagües pluviales se suceden dos fenómenos recurrentes: el agua encuentra en su derrame natural ocupado el espacio por las obras del hombre, ocasionando anegamientos que no constituyen inundaciones súbitas sino lentas crecidas. Estas, a su vez, por la ocupación urbana que reduce la sección del pasaje de las aguas, incrementan la velocidad de escurrimiento, agravando los anegamientos aguas abajo. Los sucesivos entubamientos de gran parte de los antiguos arroyos de la ciudad y el conurbano, ya sea atendiendo a necesidades sanitarias o urbanísticas, tienden en algunos casos a dificultar la evacuación normal de las aguas, ya sea por obstrucciones o por un pobre dimensionamiento. Al desaparecer el rol del colector, el escurrimiento superficial, acelerado por pavimentos y construcciones impermeables, tiende a acumularse en el lugar donde naturalmente debería estar el arroyo que vieron nuestros antepasados.

Un reciente ejemplo de tales inundaciones temporarias lo vivió Buenos Aires poco tiempo atrás. En la medianoche del pasado 10 de mayo de 1992, una lluvia torrencial precipitó 42 milímetros de agua en sólo



Curso Original del Riachuelo

en el Siglo XVI

Figura 5

una hora, fenómeno inusual que provocó anegamientos importantes en muchos sectores de la ciudad como se ilustra en la Figura 6.

La ocupación de las planicies inundables de los cauces de llanura, tanto dentro de la ciudad como fuera de ella, sufren obviamente las consecuencias de períodos de lluvia excepcionales. En estas circunstancias es frecuente la falta de previsiones en la urbanización y uso del territorio. Ello es por falta de conocimiento del estilo de drenaje o simplemente porque asumen riesgos mayores esperando que las situaciones de no inundación permitan obtener un máximo provecho económico del terreno. Muchas veces esto se complica aún más por el diseño de calles o ciertas construcciones civiles que para mantener niveles óptimos efectúan rellenos indiscriminados fuera de una planificación integral del área. La obstrucción del paso de las aguas superficiales es inevitable, así como también son inevitables los perjuicios inmediatos que ocasionan al resto de la población. Es imposible volver atrás y dar al sector urbano la fisonomía que tenía con sus relieves originales y sus cursos de agua superficiales de otrora. Lo único que resta por hacer es crear una conciencia urbanística seria que defienda y proteja el paisaje natural de la comarca.

Las frecuentes crecidas del estuario, son también generadoras de serios problemas urbanos. Para apreciar la magnitud que pueden alcanzar las inundaciones excepcionales del Río de la Plata frente a nuestra ciudad capital citaremos que el 10 de diciembre de 1903 las aguas llegaron a ascender 3,39 metros sobre el cero del Riachuelo, sin ninguna lluvia y por la sola acción de vientos y mareas. En otra oportunidad, el 15 de abril de 1940, luego de una lluvia torrencial de 73 milímetros y con una sostenida sudestada, el nivel del río creció hasta 4,44 metros sobre el "cero normal" del Riachuelo. Por último, casi en nuestros días, durante el temporal que azotó la región del Plata el 6 de febrero de 1993 las aguas del río alcanzaron los 3,90 metros sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo. En esta ocasión, pese a que las precipitaciones fueron relativamente moderadas, los daños fueron cuantiosos debido al viento, el embate del oleaje y al total anegamiento de la zona ribereña-

II - GEOLOGIA

Los terrenos aflorantes

El suelo y el subsuelo de nuestra ciudad es conocido desde antiguo, desde las épocas de Germán Burmeister (1885) y Martín de Moussy (1860). Quizás, la mejor información profunda se obtuvo entonces de una perforación realizada por A. Sourdeaux (1863) en las inmediaciones de la Iglesia de La Piedad, en las viejas calles Cuyo y Caridad, hoy Bartolomé Mitre y Paraná. En ella ya se puso de manifiesto que la pila sedimentaria local se apoya a 283 m. bajo el Cero del Riachuelo sobre el basamento cristalino constituido por rocas gnéissicas similares a las que afloran en la isla Martín García a 24,2 metros sobre el cero. Actualmente sabemos que este basamento primordial fechado por dataciones radiométricas tiene una antigüedad de > 2.085 millones de años; es decir, son correspondientes al Precámbrico Medio (Dalla Salda, 1981). Sobre estas rocas viejas se asientan discordantemente los sedimentos terciarios y cuaternarios que describiremos más adelante. La mayoría de ellos son hipogeos, sólo asomando en superficie los últimos 30-40 metros con que culmina la sucesión estratigráfica porteña.

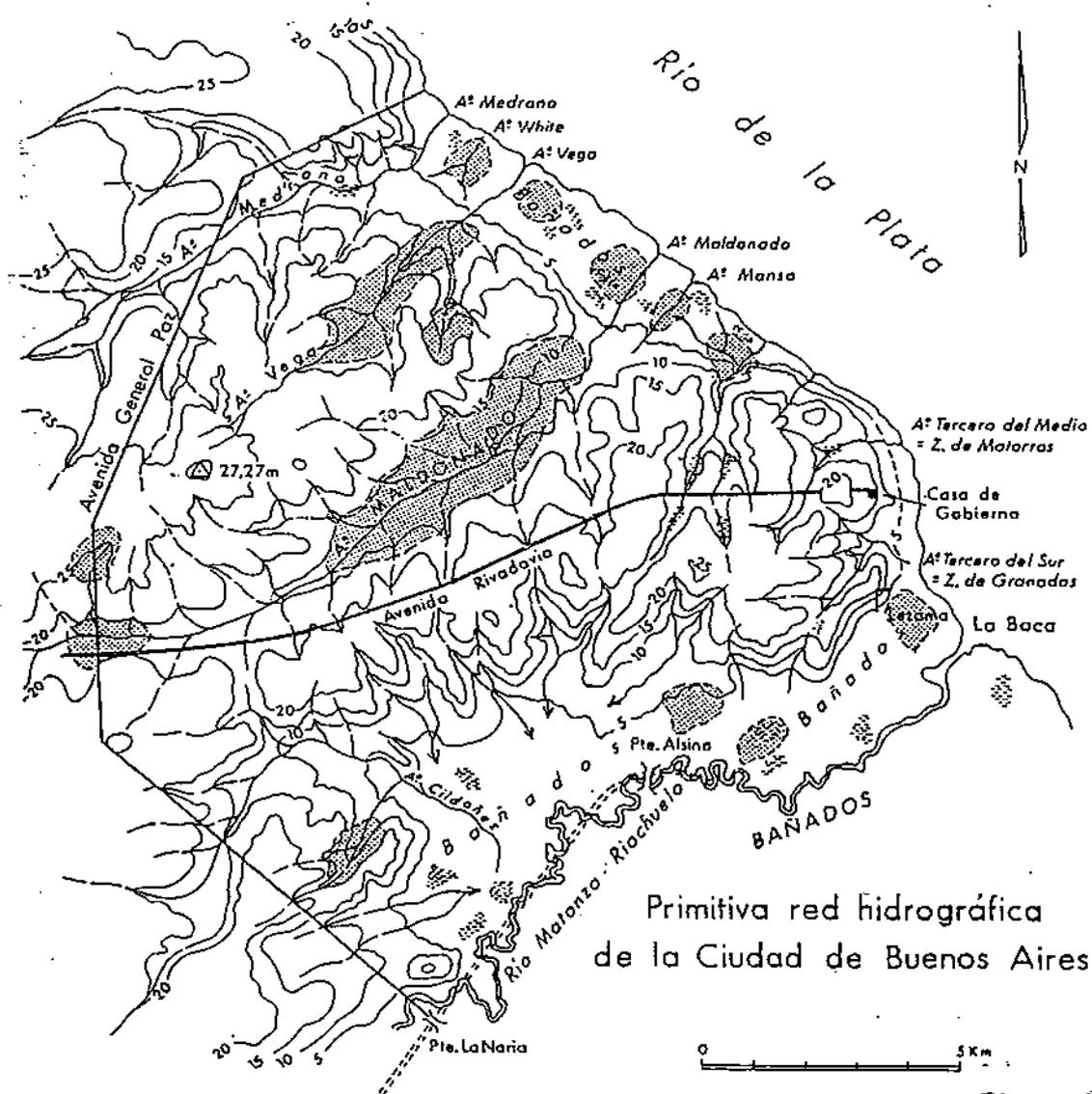


Figura 6

Areas inundadas por el temporal del 10 de Mayo de 1992

Dentro de sus 200 km², en la actualidad son muy contados los lugares de la ciudad en donde podemos observar los terrenos superficiales que constituyen el sustrato de la misma. Antaño era dable poder recorrer amplios secotres en donde afloraban los sedimentos superiores de la columna geológica porteña. Las barrancas eran sin duda los puntos de mejor observación, pe también en los valles de los arroyos interiores asomaban aquí y allá afloramientos interesantes. De cualquier forma, debido al reducido relieve topográfico y a la dominante horizontalidad de las formaciones pampeanas las unidades litoestratigráficas expuestas en la comarca, ya sea a flor de tierra, como en excavaciones artificiales, apenas llegan a la decena de ellas.

Los terrenos expuestos son preferentemente continentales y de una marcada monotonía litológica. Los pocos terrenos marinos son depósitos de aguas costeras muy someras, estuarianas y transicionales que poseen una muy reducida representación, tanto areal como vertical. Los terrenos continentales por su parte corresponden a dos litologías fundamentales: limos y loess. El origen de los primeros es exclusivamente subácueo, constituido por sedimentos pelíticos depositados en ambientes lagunares, pantanosos y pequeñas cuencas cerradas que han dado lugar a acumulaciones clásticas de grano muy fino, más o menos espesas, casi carentes de estratificación. El origen de las formaciones loésicas en netamente eólico. Se trata también de sedimentos pelíticos finos, pero acumulados por acción de vientos dominantes del oeste, los que al atravesar las pampas secas del pie cordillerano han levantado nubes de polvo que luego de elevarse en forma turbillonar volvieron a depositarse en el litoral atlántico. Por cierto, en muchos casos hay un cierto grado de mezcla de estas dos litologías primordiales, ya sea por remoción y retrabajo sedimentario o por una fina interdigitación de sendos tipos de acumulaciones. En ambos casos es frecuente el contenido de carbonato de calcio en forma de toscas y concreciones e impregnaciones de diversa importancia.

Los terrenos más profundos y, por ende, más antiguos que se han podido observar directamente son aquellos estudiados originariamente por Ameghino (1880) en la gran excavación realizada para el dique de carena en la zona portuaria: el Piso "Ensenadense", hoy Formación Ensenada. Se trata de un espeso horizonte de limos y arcillas de color pardo rojizo, con matices amarillentos, grisáceos y excepcionalmente verdosos. Es de estratificación poco evidente y disgregación poliédrica, presentando a menudo tosquillas, venillas calcáreas y concreciones irregularmente nodulares que suelen reunirse hasta formar verdaderos niveles de toscas lenticulares y resistentes. Los Limos Ensenada pueden observarse todavía en algunos sectores "pelados" del Parque Lezama y en la barranca empinada de la plazuela alta de la calle O'Higgins, sobre la Avenida General Paz, vecina a la estación Rivadavia del Ferrocarril Mitre. No obstante ello, los porteños estamos acostumbrados a verlos en cuanta excavación se realiza en la capital y vecindades, así como en los camiones que transportan su material "gredoso" rojizo claro hacia los sitios de relleno artificial.

La Formación Ensenada a mitad de su espesor (del orden de una treintena de metros) intercala una capa más o menos delgada de limos y limos arenosos grises y verduzcos que a menudo encierran un alto contenido de valvas y restos de moluscos. Este depósito es resultante de una fugaz expansión del estuario que permitió, en un ascenso del nivel del mar, la inundación de la faja costanera y penetrando también las aguas atlánticas valle arriba a lo largo de los cursos de agua que incidían en el borde mesetiforme. Los de

depósitos de este breve episodio marino llevó a Ameghino (1880) a fundar un piso geológico independiente que denominó "Interensenadense". Sus depósitos característicos han sido reconocidos en las obras profundas del puerto, así como en los túneles del Subterráneo Chadopyf (Frenguelli, 1937) y en diversos pozos y excavaciones de la zona, ubicándose siempre 3 y 7 metros por debajo del cero del Riachuelo.

El contenido de carbonato de calcio de la Formación Ensenada superior, si bien algo irregular, se hace más evidente que en su porción inferior. En la región capitalina se lo encuentra en forma de bancos de tosca que asoman en la base de las barrancas, desde Belgrano hasta Lezama y hasta casi el Riachuelo. Esos bancos de tosca, a veces repetidos en algunos sectores a diverso nivel, asomaban al pie del Lezama y marcaban el borde de terreno más o menos seco y transitable (aunque en medio de lodazales y pantanos) que sigue hoy la Avenida Almirante Brown hacia la Boca. Otros bancos toscos, la llamada "tosca del Río de la Plata", se extendían en la playa del río desde el Fuerte al norte. Allí, dentro de la zona inundable, los limos Ensenada presentaban una cementación irregular por el calcáreo. En donde éste faltaba la erosión fluvial excavaba hondonadas y pozones que eran aprovechados por las mulatas de la colonia como piletas de lavar ropa, tal como aparece en las tradicionales ilustraciones de C.E. Pellegrini y E. Vidal. Estos bancos de tosca de Formación Ensenada fueron los que dieron más al norte el nombre de "Varadero" (y no "baradero" a la boca del arroyo homónimo y a la población vecina pues sus rocas resistentes hacían varar las embarcaciones en épocas de aguas bajas. De la misma manera, niveles toscos similares atravesaban el valle del Riachuelo en el llamado "Paso Chico" o "de Burgos", cercano al primitivo puente Alsina. El lecho de toscas duras constituía un piso firme para el vado existente en el lugar dedicado al tráfico de carretas y ganados de y hacia la primitiva Buenos Aires.

Por encima de los Limos Ensenada se asienta el Loess Buenos Aires, o "Bonaerense" de Ameghino (op. cit.) que constituye la culminación topográfica de la serie sedimentaria porteña. En virtud de su origen eólico el sedimento presenta una estructura homogénea, muy porosa, también con abundantes concreciones calcáreas resultante de procesos edáficos profundos. Su textura arenosa-limosa le otorga un aspecto pulverulento, de color castaño claro, algo rojizo. Por ser el tope de la serie aflorante, pese a haber constituido originalmente un espeso manto loésico que se distribuyera tanto en parajes elevados como en depresiones y cauces fluviales, la erosión posterior lo ha recortado profundamente hasta a veces eliminarlo por entero.

A lo largo de la costa platense y atlántica, el Loess Buenos Aires también se asienta en determinados sectores sobre ciertos depósitos fluvio-marinos que se interponen entre los Limos Ensenada y las acumulaciones loessoides bonaerenses que los suceden. Se trata de limos, más o menos arenosos, que encierran en algunas localidades una enorme cantidad de restos de moluscos, caracterizados por *Ostrea* (diversas especies) y *Tegula patagónica*. En época de la colonia ya se conocían y explotaban estos depósitos marinos que asomaban en el pie de las barrancas de Belgrano. Estas acumulaciones conchiles se extendían por las calles Mendoza, Olazábal y 3 de Febrero hacia el curso inferior del arroyo Vega.

Fue por el cauce del arroyo que este nuevo avance del estuario hizo penetrar las aguas marinas debido a otro ligero ascenso de su nivel,

también relacionado con una época interglacial. Estos depósitos conchiles del "Belgranense" fueron conocidos desde largo tiempo atrás pero su explotación real recién se inició en 1726.

Los depósitos ostreros de Formación Belgrano fueron descriptos originalmente por A. Bravard en 1858 con buen detalle y simpáticos términos:

"Un depósito semejante, pero más extendido, existe en la parte sudeste de la loma sobre la que está edificado el lindo pueblito de Belgrano, a distancia de siete millas, más o menos, de Buenos Aires. El espesor de la formación conchifera es de 6 metros y su elevación arriba al nivel del río es de 12 metros. Las conchas existían en prodigiosa cantidad y están dispuestas en bancos horizontales, ora libres, en cama de arena fina o arcilla cuarzosa, rojiza y negruzca, ora reunidas por una parte calcárea."

Los depósitos marinos belgranenses, que, a veces, llevan la denominación litoestratigráfica de Formación Pascua, encierran más de una treintena de especies de moluscos, siendo los más característicos Ostrea arborea, O. spreta, Corbula mactroides, Pectunculus longior, Pitaria rosstrata, Anomalocardia brasiliana, etc. Respecto a los datos comunicados por Bravard, podemos apuntar que el espesor del horizonte conchil parece algo exagerado, al igual que la altura sobre el nivel del río. Nivelaciones posteriores ubican "La Calera" de Belgrano entre los 8,0 y 5,5 metros sobre el cero, aunque debe recordarse que depósitos marinos iguales se han encontrado en la ciudad entre cotas desde 2,0 hasta 14 metros del cero del Riachuelo.

Fuera de los afloramientos de "La Calera" se han encontrado otros asomos similares en el puente de la Noria, San Pedro, La Plata y Magdalena, así como en varios pozos y excavaciones dentro del éjido de la ciudad. En algunos puntos el contenido conchil disminuye hasta a veces desaparecer, pero el carácter marino y transicional del sedimento se refleja a través de sus margas calcáreas, limosas, de tonalidades gris verdosas que contrastan con los colores pardos y rojizos de las otras formaciones que las soportan y recubren.

Los terrenos hasta aquí descriptos han sido denominados complejivamente como "sedimentos pampeanos" (o pampianos). Los que siguen a continuación son los correspondientes al Post-pampiano o "sedimentos post-pampeanos", constituidos principalmente, primero, por un horizonte cenagoso depositado bajo un régimen de abundantes lluvias y fuerte descenso de temperatura, contemporáneos con un último período glacial. La naturaleza del sedimento lacustre que Ameghino denominara "Lujanense", de coloraciones grises y gris verdosas, es indicativa de dichas condiciones climáticas. Si bien regidos por la topografía anterior, la Formación Luján se extendió en amplias cuencas lacustres, fruto de la intensa acción erosiva que recortó el Loess Bueno Aires durante un período de nivel de mar bajo. Ello provocó un notable incremento de la red fluvial, ya reforzada por las abundantes precipitaciones, con el consiguiente rejuvenecimiento de los cauces y el retroceso de los bordes barrancosos. En la región que nos ocupa el Lujanense está desarrollado dentro de los valles fluviales más profundos comenzando, como en el cau

ce del río Luján, con capas basales más arenosas y con lentes de rodaditos de toscas calcáreas arrancadas de las formaciones anteriores, siendo también frecuentes los barros verdinegros y grisáceos que suelen hallarse en el valle del Riachuelo. Hacia el final del Lujanense siguió haciéndose más evidente un nuevo ascenso del nivel del mar o, como prefieren muchos autores, un descenso relativo del borde pampásico. Inmediata resultante fue otro reducido avance de las aguas marinas sobre el continente. Si bien esta ingresión no tuvo la magnitud suficiente para cubrir toda la región costanera, sí fue importante como para labrar ese nivel de terraza baja que, como explicáramos atrás, se extendió como una amplia solera anegadiza costera al pie de las barrancas. Durante esta ingresión Querandina, debido al ascenso de las aguas atlánticas, éstas penetraron profundamente en los grandes cauces preexistentes superando por el Riachuelo + Matanzas hasta la localidad de Morón; en el río Las Conchas = Reconquista hasta Puente Márquez y en el valle del Luján hasta 15 km. aguas arriba de su desembocadura. En la zona más cercana a la margen del Plata resultan característicos los depósitos de playa de estuario denominados Formación Las Escobas con infinitos moluscos como Erodona (Cimbiola) mactroides y Tagelus gibbus, pero en el interior de los grandes valles los depósitos conchiles están reemplazados por sedimentos pelíticos de coloraciones grises y gris-verduzcas, típicos de un ambiente de pantanos y marismas costaneras. Tanto los depósitos de la Formación Luján como los de la Ingresión Querandina se ubican en el subsuelo porteño a niveles muy cercanos al actual nivel de las aguas del estuario, razón por la cual son frecuentes sus afloramientos en el fondo de los valles profundos de hoy.

En el ámbito capitalino los últimos terrenos post-pampeanos están representados por el denominado Platense y por suelos más recientes. El primero de ellos es un piso de muy escasa representación areal constituido por sedimentos loésicos con costras calcáreas depositados bajo un régimen árido, pero que al naciente muestran engranaje con facies fluvio-deltaicas como se aprecia en las cercanías del Puente de la Noria del Riachuelo.

En la zona de la capital el Platense (o Loess La Plata) se presenta como limos tripoláceos, bien estratificado en capas delgadas, de colores gris claro a oscuro, con finas intercalaciones de arcillas y arenas blanquecinas, amarillentas y aún negruzcas debido a su rico contenido orgánico.

Aunque algo fuera del límite de la ciudad, en la Figura 7 hemos representado en relieve el suelo y el subsuelo de la zona cruzada por el río Las Conchas-Reconquista a la altura de Villa Ballester y Campo de Mayo. El objeto de ello es ilustrar las condiciones de superposición de las diferentes formaciones geológicas hasta aquí descriptas y otras más profundas que trataremos más adelante. En este block-diagrama, basado en datos de superficie y de subsuelo, puede apreciarse claramente la excavación del amplio valle fluvial por debajo del horizonte interensendense. En esta depresión se han depositado sucesivamente la Formación Luján palustre, los depósitos conchiles del Querandino y finalmente el Platense o Loess La Plata, que conforma la superficie del valle actual, en estos momentos nuevamente incidido por el curso de agua de nuestros días. Algo más allá, hacia el sur y aguas arriba, el arroyo Morón se desliza sobre los sedimentos querandinos que afloran en el fondo del valle afluyente. En la misma figura se muestra la amplia difusión superficial del Loess Buenos Aires, el que en ciertos niveles muestra lentes de tosca calcárea. Se aprecia tam-

bién la ausencia de los horizontes conchiles del Belgranense pues, al parecer, su transgresión no llegó a alcanzar la región que se ilustra aquí.

Dentro del espesor de los Limos Ensenada, en el ángulo noreste del estereograma se destacan los depósitos marino-litorales del Interense nadense, que fueran detectados en las perforaciones de Villa Ballester. Al parecer, estos limos arcillosos fosilíferos tienen su distribución a lo largo de un paleo-valle, probablemente coincidente con el actual curso inferior del río Las Conchas-Reconquista. Esta depresión longitudinal que estaba labrada en el Ensenadense basal fue inundada por las aguas marinas en un ligero ascenso de nivel ocurrido en el Pleistoceno temprano.

Más abajo en el block-diagrama aparecen las arenas fluviales Puelches que, a su vez, se apoyan discordantemente sobre las arcillas marinas de la Formación Paraná que describiremos a continuación.

Los terrenos profundos

El subsuelo de la ciudad de Buenos Aires fue reconocido hace más de un siglo atrás gracias a aquella perforación profunda realizada frente a la Iglesia de la Piedad. Ya en ese entonces se estableció una división en cuatro "pisos" sedimentarios que se mantiene aún vigente hasta nuestros días, excepto algún cierto cambio de nomenclatura. Como presentara J. Valentín (1895) "el piso primero es el que generalmente se llama "formación pampeana", caracterizada por abundancia de loess y por los restos de mamíferos que encierra; el piso segundo, de naturaleza arenosa, ha sido atribuido por Doering a su "formación araucana"; el tercero, de arcilla azulada o verdosa con moluscos marinos, por D'Orbigny a la "formación pabagónica" y el cuarto, el más problemático de todos, de arcilla colorada, se considera en lo general como perteneciente a la "formación guaraníca". Levados a nuestra nomenclatura actual, es obvio adjudicar el piso primero al "Grupo Pampa"; el segundo a las "Arenas Puelches"; el tercero a la "Formación Paraná" y el cuarto a "Formación Olivos", tal como los describiéramos tiempo atrás (Yrigoyen, 1975).

Al "piso primero" que se desarrolla hasta una profundidad entre los 20 (Barracas) y 38,5 (Palermo) metros bajo el cero del Riachuelo, ya hemos hecho referencia al tratar los terrenos aflorantes. Por debajo de la Formación Ensenada se encuentran las Arenas Puelches, que constituyen el "piso segundo" de Valentín. Estas son arenas cuarzosas, maduras, de colores amarillentos a grisáceos y blanquecinos con algunas intercalaciones de gravillas y lentecitos de rodados más abundantes en su parte inferior. Los espesores de este depósito preferentemente fluvial son del orden de los 12 a 20 metros, variando de acuerdo con las superficies de erosión que los delimitan por arriba y por abajo. Las Arenas Puelches, que asignamos al Terciario (Plioceno inferior), tienen una porosidad entre 20 y 31%, son prácticamente carentes de cemento y no poseen cloruros o sulfatos, por lo que resultan excepcionalmente apropiadas para contener una abundante cantidad de agua de óptima calidad. Se trata sin duda alguna del horizonte acuífero por excelencia de una gran zona de nuestra pampa; así como del gran conurbano de Buenos Aires + La Plata, del que se extraen 926 hectómetros cúbicos de agua potable por año.

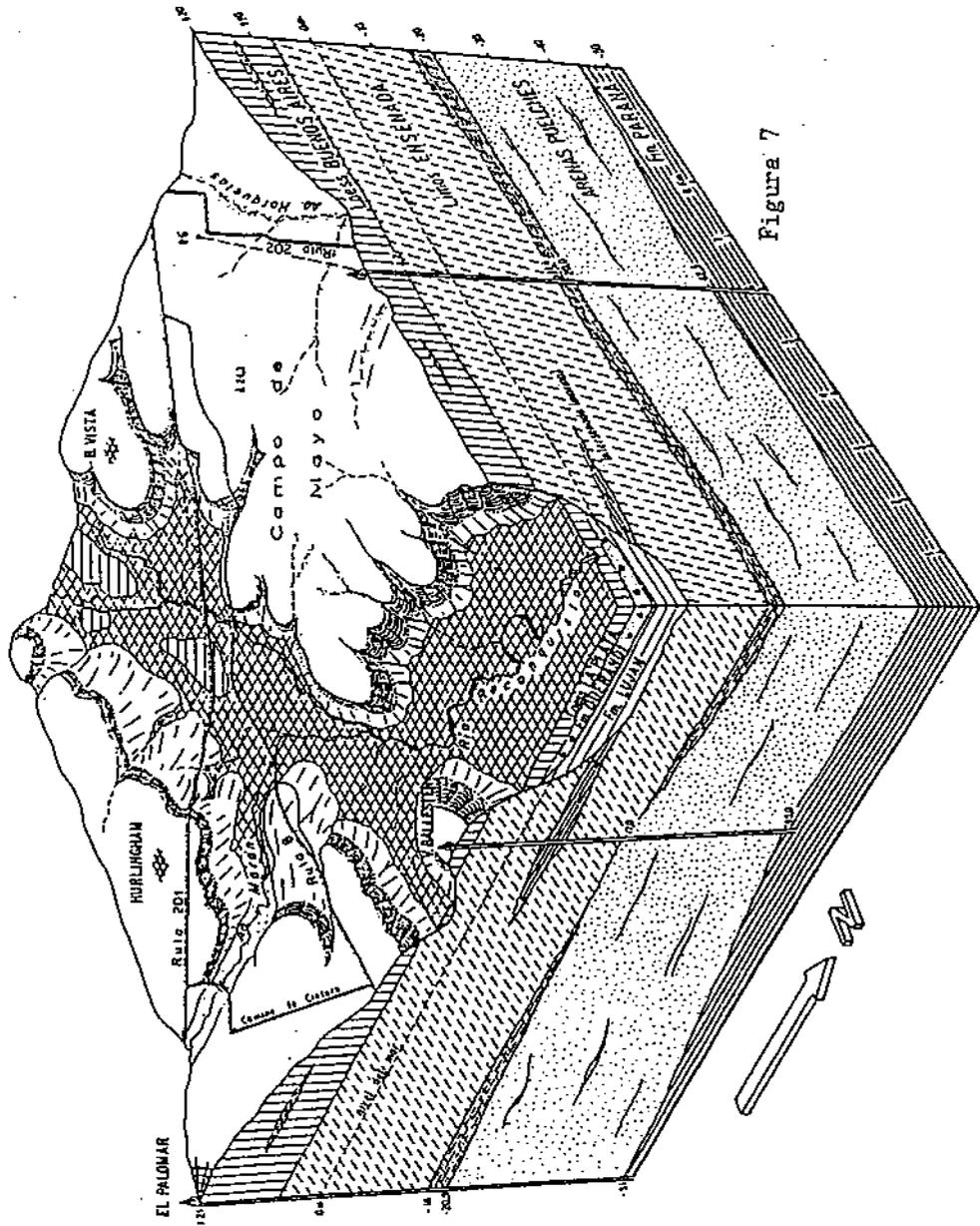


Figura 7

Por debajo del Puelche, separado por una discordancia erosiva ubicada en la base de las arenas fluviales, yace una espesa sucesión de sedimentos marinos representados por arcillas grises, azuladas y verdosas, compactas, algo plásticas, con intercalaciones arenosas de coloración semejante y muy abundantes fósiles marinos. En el subsuelo porteño esta Formación Paraná (el "piso tercero" de J. Valentín) varía de espesor de lugar a lugar, pero mantiene alrededor de los 20 o 30 metros de potencia.

Este depósito corresponde a una ingesión marina que avanzó ampliamente en esta parte del continente, desde más al sur hasta la Provincia de Buenos Aires hasta más allá del NE de Córdoba hasta Paraguay, todo Santa Fe oeste y sur de Entre Ríos y una faja angosta en el SW del Uruguay. Esta transgresión fue provocada por una pausada epirogenia negativa iniciada a fines del Oligoceno. Este leve diastrofismo estuvo relacionado con la reactivación de sistemas de fracturas tensionales de alcance regional. No obstante ello, en el área que nos ocupa existe una relación de pseudo-concordancia con la infrayacente Formación Olivos, pese a existir evidencias de un episodio de fracturación que corta a la Formación Olivos sin llegar a afectar a la Formación Paraná que se expande sobre ella (Yrigoyen, 1975).

La Formación Paraná depositada en un ambiente marino de escasa profundidad (menos de 100 m. de agua) posee en su fracción arcillosa abundante contenido de cenizas volcánicas alteradas, así como elevada cantidad de sales que hacen sus aguas no potables, pero sí utilizables para balneoterapia por su semejanza al agua de mar aunque a veces con un más alto tenor salino.

Por debajo de Formación Paraná, continúa en el subsuelo de la ciudad el "piso cuarto" de Valentín que hoy llamamos Formación Olivos. Se trata de un conjunto de sedimentos de tintes rojizos (llamados "el rojo" por los perforadores de pozos de agua) que contrasta vivamente con las coloraciones verdosas de los depósitos paranenses ("el verde" de los perforadores). En la capital la Formación Olivos alcanza los 206 m. en Palermo y los 211 m. en la Iglesia de la Piedad, componiéndose principalmente de arcillitas pardo rojizas y también limolitas y fangos castaños y gris castaños, en partes yesíferos y con calcáreos nodulares. Hacia la base, ya en las cercanías del basamento cristalino, aparecen niveles arenosos con cierto contenido de vidrio volcánico. Estos sedimentos son de origen continental, preferentemente eólico, de tipo loésico, aunque no debe descartarse una proveniencia lagunar para determinados sectores de su columna sedimentaria.

El basamento cristalino

Como dijimos al comienzo de la reseña geológica, toda sección sedimentaria descripta se apila discordantemente sobre rocas del basamento cristalino. En el ámbito porteño esta unidad está compuesta por rocas metamórficas muy duras de coloración gris negruzca de grano fino y francamente esquistosas. Petrográficamente, puede calificarse como "miccaquistos" que, como se sabe, es una metamorfita intermedia entre una filita y un gneiss.

Estas rocas del zócalo antiguo, de más de 2.000 millones de años de antigüedad, se encuentran a unos 300 metros bajo el suelo de Buenos

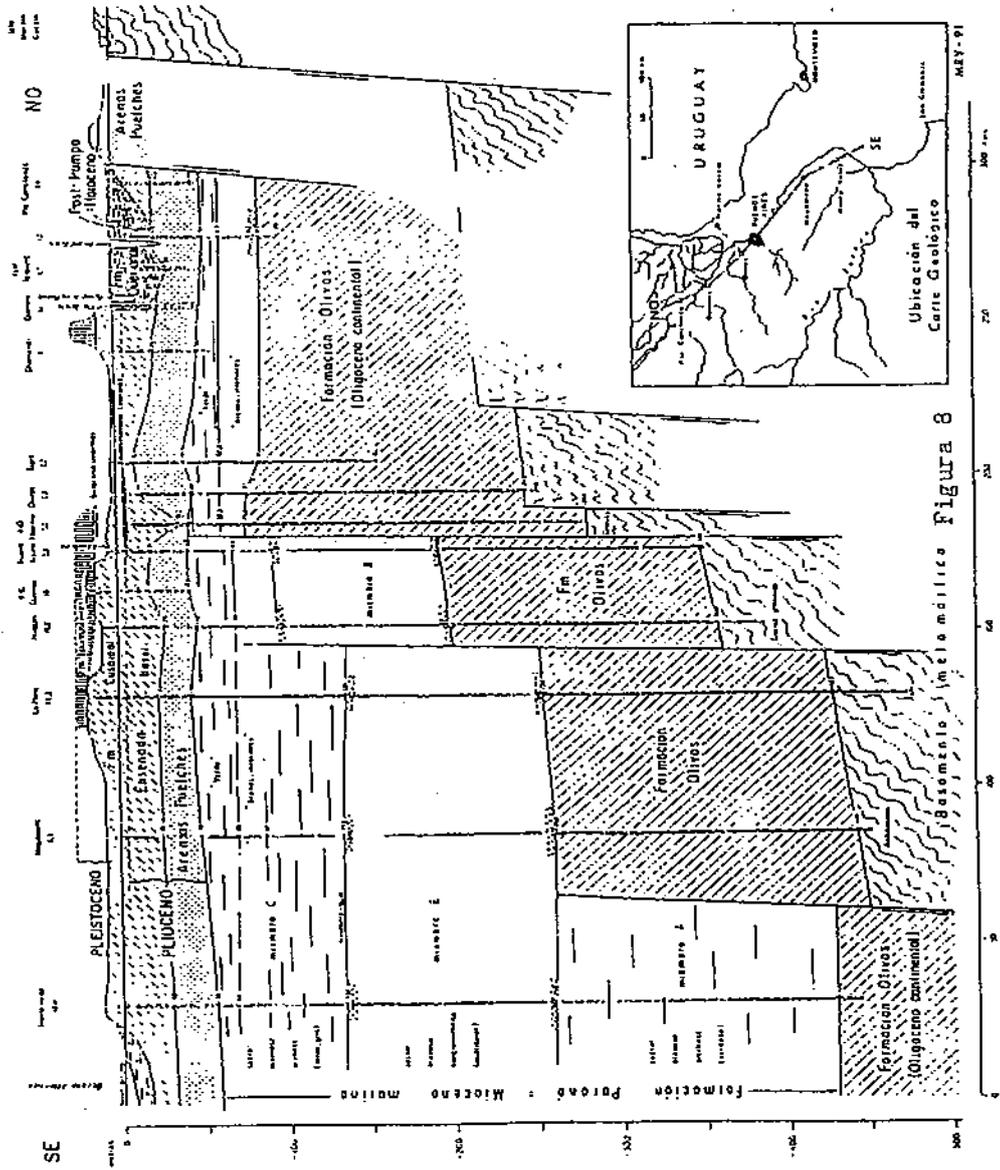


Figura 8

MEY-91

Aires. Se supone que la superficie del basamento cristalino debe estar más o menos aterrazada como corresponde a una vieja penillura carente de relieves notables. Sin embargo, las perforaciones hechas en la región muestran el techo del basamento cristalino a profundidades bastante variables. Vemos así el basamento aflorando en la banda oriental del Río de la Plata y también en la isla Martín García a más de una veintena de metros sobre el río. Acercándonos a la ciudad, en Olivos, se lo reconoció en -245 m. bajo el cero para luego descender a -283 m. en pleno centro y aún a -401 m. en Puente de la Noria. Otros escalonamientos descendentes de importancia motivados por fallas tensionales se han registrado fuera del éjido porteño, a medida que se avanza hacia la cuenca del río Salado en donde el zócalo cristalino no ha sido tocado por las perforaciones más profundas. Por investigaciones geofísicas se estima que el techo del basamento debe encontrarse allí cercano a los 6.000 - 6.500 metros bajo el mar. En el sector más deprimido del "rift" del Salado yacen sobre el basamento espesas sucesiones sedimentarias cretácicas y terciarias tempranas, las que no pudieron depositarse en el suelo porteño debido a un enterramiento mucho más modesto (Figura 8).

El basamento cristalino de la región representa el borde suroccidental desgajado de aquella masa continental precámbrica que suele denominarse como "Escudo Brasileño" o "de Brasilia". A lo largo de este borde dos principales sistemas de fracturas han delimitado bloques menores que han sufrido movimientos verticales de diferente magnitud, pero con un marcado hundimiento regional hacia la Fosa del río Salado, ya en la Pampa Deprimida. La fracturación ha tenido reactivaciones sucesivas hasta tiempos bastante recientes, como puede reconocerse al estudiar las profundidades a que se encuentran determinados niveles estratigráficos del subsuelo. Movimientos póstumos muy disminuidos siguen hasta nuestros días, como lo evidencian los temblores de Buenos Aires en 1888 y en 1971, así como los de Berisso y Ensenada (1990) ya fuera de la capital. Muy verosimilmente, esos sismos deben estar relacionados con desplazamientos de la gran fractura longitudinal del umbral de Martín García que corre a lo largo del estuario del Plata.

Edad de los terrenos del suelo y subsuelo de Buenos Aires

Ya expusimos que la más antigua unidad geológica local es el basamento cristalino sepultado a unos 300 metros y comparable a las rocas del mismo zócalo viejo que asoman en la isla de Martín García. A estas últimas, por métodos radiométricos se las ha fechado con > 2.085 millones de años de antigüedad. En el otro extremo de la escala del tiempo geológico porteño tenemos el "cero" o, si se quiere, el "ahora". Ello es debido a que, en este mismo instante, sedimentos finos de nuestra última unidad geológica se siguen acumulando tanto en la ribera como en toda la extensión del estuario. Se trata de los depósitos de "prodelta", o delta subfluvial, que avanza inexorablemente aguas abajo a una velocidad promedio de 39,1 metros por año. Si bien es cierto que el delta emergido no llega aún al límite capitalino, dado que recién estará a la altura de la Avenida General Paz alrededor del año 2200, buena cuenta del avance subfluvial del pro-delta lo tenemos lamentablemente comprobado por la ineludible necesidad del continuo dragado de los canales de acceso al puerto de Buenos Aires. Los volúmenes de fango aca-

areados por las aguas del río son cuantiosos y es ese material en suspensión el que le otorga la poética adjetivación del "río color de león". Expresado en peso, el acarreo que recibe el Plata del río Paraná es de 72,8 millones de toneladas de sedimentos por año, medidos a la altura del Puerto Constanza (Urien, 1972).

Entre ambos límites temporales, es decir, entre el Precámbrico medio (o Proterozoico temprano) y el actual se distribuye la sucesión de horizontes sedimentarios que recién describimos. Para su fechado se han tomado en cuenta todos los métodos geocronológicos disponibles, entre los que merecen citarse como más concluyentes las determinaciones absolutas por datación isotópica (fechado radiocarbónico, fechado K-Ar, fechado Ar/Ar), usándose también los datos de polaridad magnética (magnetoestratigrafía), así como los aportados por el estudio de las asociaciones de fósiles vertebrados e invertebrados contenidos en las respectivas formaciones. Además de todo ello, para las unidades más antiguas se han realizado correlaciones estratigráficas con otras unidades mejor datadas fuera del área, así como la paralelización de los depósitos relacionados con las ingresiones marinas y con los diferentes estadios glaciales e interglaciales del hemisferio sur. En forma muy resumida podemos dar a continuación la edad aproximada de los diversos terrenos geológicos del suelo y el subsuelo de la ciudad de Buenos Aires (ver cuadro estratigráfico, Figura 9).

Por sobre el basamento cristalino, al que ya nos hemos referido más arriba, se asienta discordantemente la Formación Olivos que ubica nos provisoriamente alrededor de los 30 millones de años antes del presente o, en otros términos, incluyéndola en la época geológica terciaria Oligoceno superior. Esto nos demuestra que en el área capitalina hay un hiatus o laguna estratigráfica, sin registro sedimentario alguno, de un lapso de más de 2.000 millones de años o, para ser más exactos, de 2.055 millones de años (= edad del basamento 2.085 m.a. menos edad Fm. Olivos 30 m.a.). No tenemos evidencias para decidir si en ese larguísimo período de tiempo no hubo sedimentación alguna en nuestra región, o sí, por el contrario, hubo por sobre el basamento otros depósitos más modernos pero que fueron luego decapitados por procesos erosivos anteriores a la deposición de la Formación Olivos.

Luego de una fase de movimientos cuya datación es aún incierta, pero quizás asimilable al diastrofismo "Pehuenche", tuvo lugar la sedimentación marina de la Formación Paraná dentro del lapso 5,5 a 15,5 millones de años, esto es, durante el Mioceno superior y medio.

Luego de un retiro del mar por una elevación epirogénica del territorio relacionado con el diastrofismo "Quechua" se inició la deposición de las arenas fluviales del Puelche durante el período 3,8 a 5,5 millones de años. A su término, luego de una ligera discordancia erosiva motivada por el diastrofismo "Diaguita", los limos y arcillas castañas de la Formación Ensenada basal comenzaron a expandirse por toda la comarca a partir de los 3,5 millones de años aproximadamente, en coincidencia con la primera etapa glacial de la Patagonia.

Durante un breve episodio interglacial, por el derretimiento de los hielos continentales se produjo un moderado ascenso de las aguas

Estratigrafía del suelo y subsuelo de Buenos Aires (Cuadro preliminar)

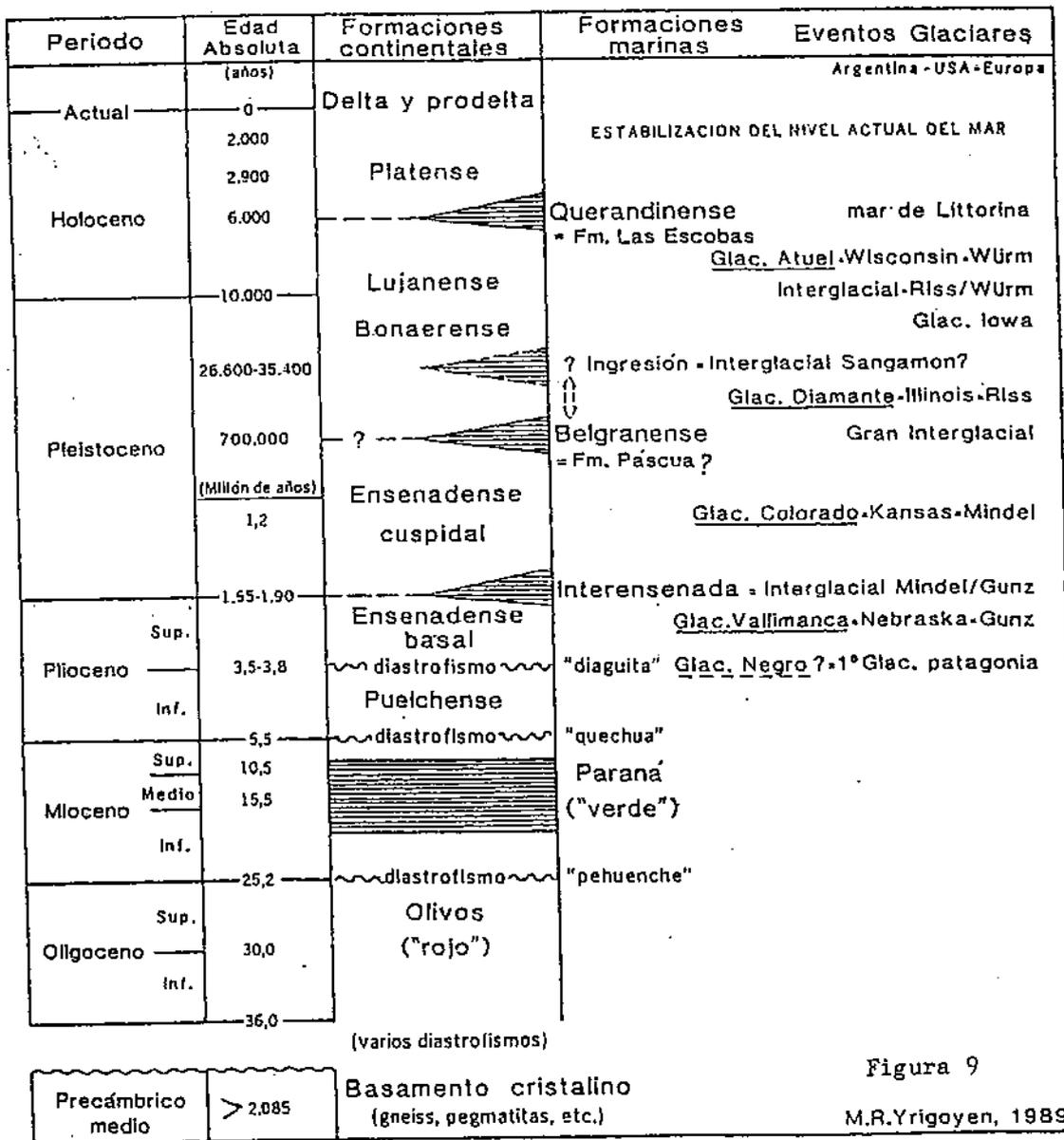


Figura 9

M.R. Yrigoyen, 1989

marinas y por ende del estuario del Plata. Ello trajo como consecuencia una muy ligera inundación del área costanera, la que no debía correr mucho más lejos que el borde costero actual. Delgados depósitos conchiles atestiguan esta breve ingresión Interensenadense registrada pocos metros debajo de la superficie de la ciudad.

Comenzaron entonces a sucederse las fases glaciales e interglaciales en las zonas andinas que se reflejaban en la llanura pampeana por variaciones climáticas en que se alternaron fases de clima más lluvioso y más frío (cataclimáticas) con fases de clima más seco y más calido (anaclimáticas). Estas variaciones quedaron identificadas en los sedimentos que contemporáneamente se depositaban. Por ejemplo, durante la segunda glaciación, llamada "Colorado" y paralelizable a la fase "Mindel" de Europa central, se expandieron los limos pardo rojizos del Ensenada cuspidal, aproximadamente entre los 730.000 años y 1,6 millones de años antes del presente.

En la fase interglacial siguiente, llamada "Gran Interglacial" (o Interglacial Mindel-Riss de Europa Central), por otro derretimiento de los hielos y el respectivo ascenso del nivel marino, de nuevo la costa porteña fue alcanzada por el mar que depositó por aquí y allá los yacimientos ostreros de la Formación Belgrano, hace unos 700.000 años atrás. Por su parte, en Europa tenía lugar la ingresión paleo-tirrenea en época en que comenzaban a aparecer los primeros ancestros del hombre.

Retirado el mar belgranense tuvo lugar la deposición eólica del Loess Buenos Aires. Con otra fase glacial, con descenso del nivel marino y aumento de la elaboración de valles y retroceso de acantilados durante un período pluvial, la meseta porteña se vió erosionada y recortada hasta alcanzar un aspecto muy similar al que hoy presenta.

Al final del Lujanense (alrededor de 6.000 años atrás) el litoral del Plata tuvo una inmersión máxima y los tramos inferiores de los cursos fluviales fueron invadidos por el mar Querandino que dejó sus acumulaciones de conchillas en el fondo de los valles actuales, al tiempo que labraba una baja planicie costera en la margen del río. Las dataciones radiocarbónicas de los moluscos en posición de vida de la equivalente Formación Las Escobas han registrado una antigüedad de alrededor de 6.000 años. En ese entonces, tuvo lugar la progresiva disipación de los últimos glaciares, en tanto que en Europa el Homo sapiens desplazaba a la raza de Cro-Magnon y su tan primitiva cultura paleolítica.

Por último, también confinados preferentemente dentro de los cauces fluviales, encontramos los delgados depósitos de loess y limos loessoides del "Platense" o Formación La Plata, de alrededor de 2900 años antes del presente. Hace unos 20 siglos, ya en plena "Edad del Bronce", tuvo lugar la estabilización del actual nivel del mar y todo el territorio de los alrededores de Buenos Aires quedaron sujetos a leves procesos erosivos. Como contraparte, en el nacimiento del gran estuario platense continuó la edificación sostenida del delta del Paraná, con el avance manifiesto de sus islas y bancos, así como de su gran frente limoso apenas sumergido bajo las aguas del Plata.

. III - INCIDENCIA GEOTECNICA.

Los caracteres morfológicos y geológicos del área de Buenos Aires tienen una directa incidencia en la problemática geotécnica de nuestra ciudad. Si bien este tema lo desarrollaremos con mayor amplitud en un trabajo en preparación, su importancia merece dedicarle aquí algunos párrafos de carácter general y preliminar.

Son bien conocidas las incertidumbres que crea a veces el extrapolar las observaciones y parámetros geotécnicos de un lugar a otro, aún dentro de distancias relativamente pequeñas. Los valores que se obtienen de un sondeo en algunos casos pueden generalizarse dentro de determinada área, pero en otros, ello resulta inaplicable y estudios realizados en las vecindades puede arrojar resultados sorpresivamente diferentes. Una de las causas más comunes es la restringida e irregular distribución, tanto vertical como horizontal del contenido calcáreo de los sedimentos superiores de la columna estratigráfica alcanzados por las obras civiles. Los bancos o niveles de tosca varían de lugar a lugar tanto en espesor como en extensión; aunque a veces una superposición alternada de niveles de mayor cementación calcárea no altera mayormente la capacidad portante del terreno en sí, sólo variando ligeramente la profundidad en que se encuentran tales horizontes resistentes. Otra de las causas importantes, si bien no tan frecuente, la constituye la discontinuidad lateral con reemplazo súbito de la litología de los sedimentos cuando se pasa del depósito encajante a un depósito de cauce encajonado, a veces dentro de la misma parcela de terreno.

Más atrás, se ha hecho referencia a que durante la deposición del Pampeano y del Post-Pampeano han tenido lugar varias oscilaciones del nivel del mar, en su mayoría directamente relacionadas con los estadios glaciarios e interglaciarios ocurridos en el Pleistoceno-Holoceno. Durante los primeros se establecían condiciones de nivel de mar bajo que por incrementar el drenaje del borde continental provocaba un labrado más profundo de los cauces primitivos y aún densificaba más los cursos confluentes a los mismos. Por el contrario, la disipación de los hielos en los estadios interglaciarios elevaba el nivel marino y, por ende, el nivel de base de toda la red de drenaje que comenzaba así a colmatarse con depósitos finos de baja energía, culminando por fin con el avance de las aguas marinas y estuáricas atestiguado por los sedimentos fosilíferos de la zona costera y también dentro de los valles principales que desembocan a la misma. Sumados a estos episodios principales también durante la sedimentación pampeana (Plioceno superior hasta Holoceno) se han sucedido otros procesos menores que responden al mecanismo de "cut-and-fill" propios de una meseta plana cercana a la franja costera. Los diversos cursos de agua que cruzaban la región porteña debido al modesto gradiente topográfico y a la ausencia de obstáculos rocosos han tenido un carácter divagante y meandriforme que llevaba al desplazamiento lateral del recorte de sus cauces apenas insinuados. El material de acarreo de crecientes temporarias a veces rellenaba los primitivos valles y los arroyos modificaban lateralmente su curso pendiente abajo. La ubicación de esos meandros y cauces tapados son difíciles de determinar ya que están cubiertos por suelos más modernos o por estar ocultos por las obras del hombre, pero son fácilmente detectables en las excavaciones artificiales y en los sondeos geotécnicos.

En algunos sectores de la ciudad vecinos a los cursos de agua mayores como el Matanzas-Riachuelo, el Maldonado y aún el Vega y el Meandro, este cuadro está bien representado. En tales lugares es dable pasar lateralmente de un suelo compacto y resistente -en general de la Formación Ensenada- a depósitos limosos-arcillosos, de cierta plasticidad que constituyen los rellenos del Belgranense o del Querandinense que ocupan un antiguo paleocauce. Esta situación, que obliga a arbitrar soluciones ingenieriles puntuales en cada caso, se ve repetida a lo largo del recorrido principal de los viejos cursos de agua. Por ejemplo, es frecuente escuchar en el centro de Belgrano entre los técnicos en fundaciones y movimientos de tierra que reconocen una divisoria hipotética a lo largo de la calle Juramento: "Hacia Palermo es todo parejo y no hay problemas, pero hacia Nuñez se puede esperar cualquier cosa". Se refieren así a la franja recorrida por el antiguo arroyo Vega y otros tributarios menores recortados en la meseta ensenadense, franja rellena luego en forma desigual por depósitos más modernos de muy precaria consistencia, mayormente plásticos. Un caso semejante se encuentra a lo largo de la calle Fitz Roy, en donde dada la proximidad a la margen izquierda del paleovalle del arroyo Maldonado labrado en depósitos del Bonaerense y del Ensenadense, presenta similares heterogeneidades en los suelos atravesados por los sondeos. Obviamente, situaciones parecidas; aunque de mayor magnitud, vuelven a encontrarse en el principal colector porteño formado por el valle Matanzas-Riachuelo. No queremos extendernos aquí en el desarrollo de los aspectos geotécnicos de los terrenos capitalinos pues es intención volver sobre ellos en una próxima oportunidad. Valga solo insistir en la estrecha colaboración que debe existir entre geólogos e ingenieros dentro del área de la mecánica de suelos, trabajo conjunto que ya caracteriza muchos de los últimos estudios de proyectos civiles. Esto obliga a que ambos grupos de especialistas hablen el mismo idioma y reconozcan los mismos problemas en idénticos términos. Quizás el mayor mérito de la mecánica de suelos para el geólogo ha sido introducir un concepto cuantitativo experimental dentro de su razonamiento geológico en tanto que la ingeniería de suelos y fundaciones se ha visto enriquecida con las diferentes interpretaciones que el geólogo puede brindarle estudiando las condiciones presentes y pasadas sobre origen, depositación y modificaciones ulteriores de los sedimentos en cuestión. Es obvio entonces el destacar la íntima relación que existe entre la geología y la ingeniería de suelos. Baste entonces sólo recordar que el conocimiento geológico del suelo y el subsuelo de nuestra ciudad constituye un valioso aporte para la prognosis, la interpretación y aún la solución de los variados problemas geotécnicos que presenta la región del Gran Buenos Aires.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AMEGHINO, F., 1880 - "La Formación Pampeana" - Libro, 376 pág., Paris, Buenos Aires.
- BRAVARD, A., 1858 - "Geología de las Pampas y observaciones geológicas sobre diferentes terrenos de transporte de la hoya del Plata" - Registro estadístico del Estado de Buenos Aires. I. Estado físico del territorio, Biblioteca del Diario "La Prensa", Buenos Aires.

- CARDOSO, A., 1911 - "Buenos Aires, en 1516" - Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, XXI, pp. 309-372. Buenos Aires.
- DALLA SALDA, L., 1981 - "El basamento de la Isla Martín García, Río de la Plata" - Rev. Asoc. Geológ. Arg., XXXVI-1, pp. 29-43. Buenos Aires.
- DIAZ DE GUZMAN, R., 1612 - "Historia del Descubrimiento y Conquista del Río de la Plata" - Cap. IV, reimpressiones. Buenos Aires.
- FRENGUELLI, J., 1937 - "Apuntes sobre el INTERENSENADENSE del subsuelo de Buenos Aires" - Notas del Museo de La Plata, II, Geología 4, pp. 111-128. La Plata, Argentina.
- NAGERA, J.J., 1936 - "Puntas de Santa María del Buen Aire. Lugar de la Fundación de Don Pedro de Mendoza" - en contribución al estudio Comisión Oficial del IV Centenario, pp. 9-41. Buenos Aires.
- URIEN, C.M., 1972 - "Río de la Plata Estuary Environments" - Geological Society of America, Memoir 133, pp. 213-234. Baltimore, USA.
- VALENTIN, J., 1895 - "Datos estratigráficos sobre las llanuras argentinas" - Apéndice Segundo Censo Nacional, "Territorio", 2a. parte, Geología, pp. 89-93. Buenos Aires.
- YRIGOYEN, M.R., 1978 - "Fundación de Buenos Aires" - "Diagonal", de ESSO S.A.P.A., Verano 1978, No. 9, pp. 12-17. Buenos Aires,

