

REPUBLICA ARGENTINA



MINISTERIO DE ECONOMIA DE LA NACION  
SECRETARIA DE INDUSTRIA Y MINERIA  
SUBSECRETARIA DE MINERIA  
DIRECCION NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA  
PERU 562

---

ANALES XI

APROVECHAMIENTO DEL RIO URUGUAY  
EN LA ZONA DE SALTO GRANDE

INFORME SOBRE LAS CONDICIONES  
Y CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

ANEXO 1 (b)

Dr. ENRIQUE DE ALBA - Ing. NICOLAS SERRA



BUENOS AIRES

1959

# INDICE

PREFACIO .....	5
Nota de elevación de la Subcomisión Geológica Mixta, por Remigio Rigal y Eduardo Terra Arocena .....	7
INTRODUCCION, por Enrique de Alba y Nicolás Serra .....	11
<b>I — GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>13</b>
1 — Formaciones geológicas — Su distribución .....	13
a) Eruptivas de Serra Geral .....	13
b) Depósitos de edad miocénica .....	14
c) El Plioceno .....	16
d) Los terrenos pampeanos .....	17
e) Depósitos cuaternarios .....	17
2 — Características de las formaciones — Propiedades principales de las rocas que las componen .....	18
a) Serie eruptiva de Serra Geral .....	18
b) Depósitos miocénicos .....	20
c) Plioceno .....	21
d) Pampeano .....	22
e) Depósitos cuaternarios .....	22
3 — Estructura .....	23
4 — Infiltración .....	24
5 — Posibilidades de pérdidas por filtración .....	24
<b>II — CARACTERISTICAS ESPECIALES DE CADA LUGAR, por Enrique de Alba .....</b>	<b>26</b>
a) Salto Grande .....	26
b) Ayuí Grande .....	27
c) Salto Chico .....	27
<b>III — CONCLUSIONES, por Enrique de Alba y Nicolás Serra .....</b>	<b>29</b>
<b>IV — RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LOS PASOS CORRALITO Y HERVIDERO, por Enrique de Alba .....</b>	<b>30</b>

## ILUSTRACIONES

### MAPAS GEOLOGICOS

a) Mapa Geológico Regional, escala 1: 50.000, 2 hojas .....	Plano 1
b) Mapas Geológicos de detalle, escala gráfica, 4 hojas:	
Salto Grande .....	Plano 2
Ayuí Grande .....	Plano 3
Salto Chico .....	Plano 4
Paso Hervidero .....	Plano 5

### PERFILES

c) Perfiles generales .....	Lámina 1
d) Perfiles especiales — ambas costas:	
Salto Grande — VII B <sub>3</sub> .....	Lámina 2
Ayuí Grande — MNPL .....	Lámina 6
Salto Chico Arriba .....	Lámina 11
Salto Chico Abajo .....	Lámina 15

### DESCRIPCION DE TESTIGOS DE PERFORACIONES

Perfil VII B <sub>3</sub> (Salto Grande) .....	Láminas 3 4 y 5
Perfil MNPL (Ayuí Grande) .....	Láminas 7, 8, 9 y 10
Perfil AA (Salto Chico Arriba) .....	Láminas 12, 13 y 14
Perfil DD (Salto Chico Abajo) .....	Láminas 16 y 17
Fuera de perfiles (Salto Chico Abajo) .....	Lámina 18

## P R E F A C I O

El presente informe reúne la parte fundamental de los trabajos geológicos realizados en la zona de Salto Grande a partir de 1948.

Un primer informe sobre la geología regional fué redactado por el Ingeniero Nicolás Serra (uruguayo) y el Dr. Enrique de Alba (argentino) y aprobado por los miembros de la Sub-Comisión de Estudios Geológicos, Agrimensor D. Remigio Rigal, (argentino) e Ing. D. Eduardo Terra Arocena (uruguayo), asesores de la C.T.M. Dicho trabajo se editó en Montevideo en 1949 con una lámina de perfiles generales y un bosquejo geológico a escala 1:100.000.

Posteriormente se completó el relevamiento geológico en ambas márgenes de los tres posibles emplazamientos del dique en estudio: Salto Grande, Ayuí y Salto Chico, en escala 1:5.000 y el de Paso Hervidero, a escala 1:50.000 con los informes correspondientes.

En lo que respecta al primer informe publicado sobre geología regional, se ha actualizado, efectuando cambios de forma en su redacción y manteniéndose las conclusiones sin ninguna modificación. Se han agregado dos capítulos intitolados: Características especiales para cada lugar y Reconocimiento geológico de los Pasos Corralito y Hervidero.

En la parte gráfica figuran los perfiles en los que se indica el plano de fundación y las planillas en las que para cada tipo de roca diferenciada en las perforaciones, se indica la profundidad (cotas referidas al cero del Riachuelo) del techo y piso, su descripción y una apreciación estimativa de sus cualidades mecánicas y de impermeabilidad, así como una calificación de su capacidad para servir de plano de asiento de las obras.

## NOTA DE ELEVACION DE LA SUBCOMISION GEOLOGICA MIXTA

### A LA COMISION TECNICA MIXTA:

Los suscriptos, miembros de la Sub-Comisión de estudios geológicos, cumplimos con el deber de elevar el informe general relativo a la zona del río Uruguay que abarcará el lago artificial a crearse, con motivo de la proyectada obra de aprovechamiento hidroeléctrico.

Ese informe, que ha sido redactado en común por los señores Nicolás Serra y Enrique de Alba, quienes realizaron también conjuntamente los reconocimientos sobre el terreno, ha sido aprobado por los suscriptos y las conclusiones del mismo compartidas sin reservas.

Sería muy conveniente que esa Comisión Técnica Mixta autorizara la publicación de ese informe pues constituye, aparte de su utilidad práctica para el mejor desarrollo del proyecto en estudio, una valiosa aportación al conocimiento geológico general.

Como se trata de un informe algo extenso y en buena parte de carácter geológico-descriptivo, hemos considerado de utilidad presentar a esa Comisión un texto compendiado, el que sigue a continuación, y así se facilitará su estudio y su interpretación a los fines de las mejores soluciones técnicas.

### R E S U M E N

En el tramo del río Uruguay en que van a quedar modificadas, por la obra que se proyecta, las condiciones naturales existentes, interesa fundamentalmente poner de manifiesto los caracteres geológicos dominantes desde los puntos de vista estructural y estratigráfico por una parte así como, por otra, los litológicos particulares de cada uno de los terrenos que aparecen a lo largo del río y en sus márgenes, por debajo del plano de nivel 35 metros sobre el cero del Riachuelo, plano que otras investigaciones han establecido como el más alto aceptable para el espejo del lago a formarse.

Tres son las formaciones que deben ser tomadas principalmente en consideración y éstas aparecen en el siguiente orden:

- a) en la base, la formación de mantos volcánicos que se conoce por "rocas efusivas de Serra Geral";
- b) en posición intermedia, aunque faltando a veces, los depósitos sedimentarios de edad miocénica conocidos en la Argentina con el nombre de "calcáreo brechoso" y en el Uruguay con el de "estratos de Fray Bentos";
- c) en la cima, aunque también faltando a veces los depósitos del plioceno, de muy poca potencia en la zona en estudio, pero cuyo espesor aumenta hacia poniente en la provincia de Entre Ríos.

Existen también depósitos superficiales de menor edad y de menor importancia; los pampeanos y también, en dos niveles distintos, depósitos constituidos por cantos rodados y que corresponden a dos estados sucesivos del río en el proceso de excavación y profundización de su cauce.

Desde el punto de vista *estructural* nada importante puede señalarse; se trata de una región *no perturbada* en la que, así los mantos volcánicos como los sedimentos posteriores, *conservan* prácticamente su disposición originaria. Los cambios producidos en su mayor parte, como consecuencia de los movimientos verticales mencionados, son atribuibles a la erosión que ha modelado la superficie de las lavas y la de los depósitos miocénicos y pliocénicos, llegando en ciertos sitios a la eliminación parcial o total de éstos por lo que se observa a veces, por ejemplo, la superposición directa de las areniscas pliocénicas a las rocas efusivas.

La preocupación acerca de la existencia posible de fracturas a lo largo del cauce del río o cerca del mismo y que dió motivo a la decisión de ejecutar tres sondeos en cada margen no puede subsistir, habiendo esos sondeos demostrado la continuidad, sin accidentes, de los mantos volcánicos, en toda la región en estudio con la única particularidad, ya conocida desde antes, de presentar éstos una débil inclinación hacia el W por lo que quedan ocultos, a partir de la margen derecha, bajo las cubiertas sedimentarias posteriores.

No obstante, existe una pequeña zona en la que, una desnivelación observada en los depósitos pliocénicos, ha hecho suponer la existencia de una pequeña falla; un par de sondeos de escasa profundidad bastarán para aclarar el punto.

Dos de los problemas fundamentales que plantea la creación de un salto artificial, tienen relación directa con la geología de la comarca: el de la fundación de la presa y el de las posibles pérdidas de agua por filtración debido a una insuficiente impermeabilidad del vaso.

Felizmente para lo primero existe, en el caso del río Uruguay — cualquiera sea el emplazamiento de la obra dentro del tramo considerado— *un buen terreno de fundación* como lo es sin duda, el constituido por los mantos efusivos de Serra Geral.

Sin entrar en mayores consideraciones sobre el carácter petrográfico de estas rocas, baste decir que se trata de material resultante de la consolidación, por enfriamiento, de lavas derramadas sobre la superficie en varias efusiones sucesivas. Esta forma de acumularse ha dado al conjunto una estructura de bancos superpuestos, sin que esto signifique que todos los derrames hayan tenido la misma importancia o que hayan cubierto la misma superficie. Por otra parte es obvio también que, en sentido vertical, existen cambios repetidos, dado que el enfriamiento ha sido más rápido en los niveles superiores de cada manto que en los intermedios o en los inferiores, dando lugar así a una diversidad de modos de consolidación que se refleja en el carácter particular que pueden presentar en cada horizonte. Así es posible explicar el que, no obstante la homogeneidad del conjunto en los 800.000 kilómetros cuadrados que cubren los mantos, existan, localmente considerados, partes de distintas propiedades técnicas; unas macizas y duras, otras en grado variable amigdaloides, otras por fin con disyunción en lajas de pocos centímetros de espesor o en prismas. Estas particularidades son las que deben ser estudiadas con mayor cuidado en los dos o tres perfiles que se elijan con fines comparativos y, con mayor razón, en el definitivo, y lo mismo corresponde decir de otros caracteres locales que son consecuencia no ya de la forma de consolidación sino de las transformaciones que han podido sufrir las rocas después de consolidadas, a causa de diversos procesos geológicos. Estos procesos han sido principalmente los de orden químico y han causado alteraciones más o menos intensas, aunque por lo general muy localizadas. De todos modos, las rocas de esta formación

constituyen un terreno de fundación de resistencia y de estabilidad muy satisfactorias y los defectos locales que aparezcan por alteración avanzada o por excesiva disyunción son susceptibles de corregirse por métodos ya conocidos.

Por último y en cuanto a este primer problema, deben ser investigadas en el perfil definitivo las corrientes subterráneas que pasen por debajo y cerca del plano de fundación.

---

En el segundo problema, el de la pérdida de agua por infiltración, también las rocas efusivas constituyen un elemento de seguridad.

En su conjunto son ciertamente impermeables; lo prueba el hecho de ser necesario atravesar todo su espesor para dar salida a las aguas de las areniscas que las soportan, aguas que llegan a la superficie, por ejemplo en Arapey, con presiones de 5 atmósferas y que son igualmente surgentes en Paso Ullestie y en Rincón del Bonete y semi-surgentes en Achar y en Tambores.

Localmente, pueden contener horizontes acuíferos, por lo general a poca profundidad, los que coinciden con las zonas amigdaloides o con niveles de intensa disyunción; no es sin embargo, infrecuente dar con fuertes espesores en que el agua falta en absoluto como es el caso para el sondeo de Constitución en que hubo que profundizar hasta 120 metros para alumbrar una débil corriente. Otros casos semejantes son los de los sondeos de Achar y de Tambores que acaban de nombrarse, en los que no se encontró agua en todo el espesor (171 y 180 metros, respectivamente). Tampoco es excepcional el hecho de encontrarse zonas amigdaloides sin agua, zonas que han recibido la denominación de "horizontes secos".

Estas rocas de "Serra Geral" constituirán en gran extensión el fondo del vaso dado que casi la totalidad del talweg actual está excavado en ellas; se puede pues decir que no menos de la cuarta parte del fondo del lago (11 a 12 mil hectáreas) lleva pico rocoso impermeable y precisamente donde la carga ha de ser mayor.

---

Otro es el caso para los sedimentos superpuestos a aquel piso rocoso, los miocénicos y los pliocénicos que se encuentran ya por encima del nivel actual del río en estiaje, salvo, por excepción, cuando esos sedimentos han rellenado alguna oquedad más o menos acanalada, desde luego muy limitada en extensión que, en una época anterior, formaba parte del cauce principal (hecho observado cerca de la desembocadura del río Arapey, margen izquierda).

Los *miocénicos*, cuya potencia máxima no alcanza a 20 metros en la región considerada, tampoco pueden considerarse permeables cuando se toman en conjunto; pero es posible que, en algún sitio, una parte de ese conjunto, un nivel determinado, constituya una zona de débil filtración al menos por un tiempo después de llenarse el lago. Debe tenerse en cuenta, en primer lugar, la circunstancia de la lentitud capilar de la circulación del agua en estos medios de partículas finas con buena proporción de sustancias pelíticas arcillosas, y, en segundo término, aparte la presencia de estas sustancias pelíticas muy tenues en el sedimento *in situ*, la del material de igual naturaleza que traerá en suspensión el agua del lago que pueda infiltrarse en la masa del mismo sedimento, material que repositándose determinará la tapización de todos los poros a breve plazo.

Se trata, en el caso de estos sedimentos miocénicos, de *limos*, con mayor o menor proporción de sustancia calcárea la que se presenta en venillas o en plaquitas o en nódulos y concreciones; pero, a veces, y en porciones de reducido volumen, el limo se vuelve más arenoso pudiendo entonces definirse el material como arenisca margosa de grano fino.

Hacia la base, cerca del contacto con las rocas efusivas o sobre el mismo plano de contacto, se observa a veces una brecha compacta, bien cementada con elementos mayores subangulares de aquellas rocas.

Los informantes señores Serra y de Alba proponen se realicen en-

sayos *in situ* para aclarar el punto y determinar cuál es el grado de permeabilidad de estos depósitos miocénicos.

El caso que plantea la existencia de los sedimentos *pliocénicos* no es en cambio, tan satisfactorio. Pero aquí también deben tenerse presentes dos circunstancias que reducen considerablemente el riesgo de pérdidas. La primera es la posición de estos sedimentos; aparecen en efecto, en niveles elevados, siempre por encima del plano de nivel 25 metros, donde la carga será ya muy pequeña. La segunda la constituye el hecho de existir posibilidades de filtraciones, *sólo en la parte del vaso situada a occidente del río* pues en la margen izquierda toda agua infiltrada en estos sedimentos así como en los miocénicos, quedará en el lago.

Estas dos comprobaciones reducen bastante el problema y todavía puede señalarse una más y es que sólo aparecen estos sedimentos permeables en un corto tramo del río desde la desembocadura del arroyo Mandisoví hacia el sur, es decir por menos de cincuenta kilómetros y eso sin constituir un horizonte continuo sino en distintos depósitos de volumen no muy considerable y cuyas secciones filtrantes probables podrían establecerse con bastante aproximación.

En realidad el caso más desfavorable se tendrá cuando ese material pliocénico, en particular el más arenoso y menos cementado y consolidado, aparezca en el borde occidental del vaso coronando lomas angostas que separen el lago de valles que desagüen aguas abajo de la presa o que no constituyan por sí mismas contención suficiente para una determinada altura de agua.

También para resolver este caso se recomienda la realización de ensayos sobre el terreno, eligiéndose las zonas más desfavorables.

Para terminar señalamos a esa Comisión Técnica Mixta la conveniencia de no demorar los sondeos y los ensayos que se aconsejan en el informe de los nombrados técnicos y que son:

- A. 1 — Tres sondeos en el valle del A<sup>o</sup> Mandisoví Grande.
- 2 — Un sondeo en la margen izquierda del río Uruguay frente a la desembocadura del A<sup>o</sup> Mandisoví.
- 3 — Un grupo de sondeos de pequeña profundidad entre el río Uruguay y el valle del Gualaguaycito (tramo inferior).
- B. 1 — Ensayos de permeabilidad en los terrenos miocénicos.
- 2 — Id. Id. en los terrenos pliocénicos preferentemente en la loma divisoria entre el Uruguay y el Gualaguaycito.

Saludamos a esa Comisión muy atte.

Fdo.: *Remigio Rigal y Eduardo Terra Arocena*

## INTRODUCCION

Este trabajo se ha realizado en colaboración por funcionarios dependientes de la Dirección Nacional de Geología y Minería de Argentina y del Instituto Geológico del Uruguay.

Ha tenido por objeto el reconocimiento geológico general de la parte del valle del río Uruguay comprendida aproximadamente entre los siguientes límites: al sur las ciudades de Concordia y Salto; al norte el pequeño arroyo San Gregorio, afluente de la margen derecha del río y al este y oeste, respectivamente, la curva de nivel de cota 35 m referida al cero del Riachuelo.

Para completar por el norte el área delimitada por el cruce del río Uruguay de la curva de nivel 35 m, límite superior adoptado para el espejo del lago a formarse, falta el reconocimiento entre San Gregorio y aquel cruce, que se produce aproximadamente a la altura de las desembocaduras de los arroyos Timboy y Lenguazo, en las márgenes derecha e izquierda del río Uruguay, respectivamente. Más adelante sería conveniente realizar el relevamiento de esa área —muy reducida en comparación con la comprendida aguas abajo, hasta los lugares posibles para emplazamiento de la presa—, si bien, debido al pequeño alejamiento de la curva de 35 m del río a esa altura, así como de las características que derivan de la geología regional, no es probable que existan condiciones particulares que puedan influir sobre las conclusiones obtenidas.

El trabajo está basado en general, en el reconocimiento realizado en abril, mayo y parte de junio de 1948 y completado con los sondeos realizados en ambas márgenes del río. Además se tuvo en cuenta, la información aportada por el conocimiento que ya se tenía de las formaciones en el lado uruguayo y la proporcionada por el Boletín N° 63 de la Dirección de Minas y Geología.

La base topográfica utilizada ha sido un plano en escala 1:50.000 con curvas de nivel de 5 en 5 m, levantado en la actualidad en el lado uruguayo por la Comisión Técnica Mixta de Estudios de Salto Grande, y en época anterior, y parcialmente actualizado del lado argentino por el Instituto Geográfico Militar. Este plano no comprendía, en la época en que se efectuó el relevamiento geológico, la totalidad del área abarcada por el futuro lago, siendo ésta la causa por la que no se completó dicho relevamiento.

## GEOLOGIA REGIONAL

La característica más saliente de la región en estudio la constituye la monotonía geológica superficial, que deriva no solamente de la secuencia de las formaciones, sino también de los caracteres particulares de cada una de ellas, así como de su estructura general. Cada uno de estos temas será tratado con cierto detalle en el transcurso del informe. En este capítulo se consideran solamente los aspectos más generales del problema.

La monotonía se ve acentuada, especialmente del lado argentino, por la presencia de importantes extensiones cubiertas por depósitos recientes que dificultan o impiden la observación directa.

Destacamos que esta monotonía en el área considerada —fundamentalmente la del embalse— no debe llamar la atención, pues no es sino parte de otra mucho mayor, en la que no solamente subsiste sino que se acrecienta. En efecto, hacia el este del río Uruguay, en territorio uruguayo, existe predominancia absoluta de una formación de origen volcánico, representada por rocas basálticas<sup>(1)</sup> de edad triásica superior-jurásica. Hacia el oeste, en territorio argentino, podemos admitir su continuidad en una extensa zona, a pesar de las grandes superficies cubiertas y la presencia de afloramientos dispersos y apartados entre sí, de depósitos areno-areniscosos de edad pliocénica.

Desde luego que, especialmente en las áreas apartadas del río Uruguay, tanto hacia oriente como hacia occidente, estas formaciones están a menudo cubiertas por otras de edad aun menor, post-pliocénicas hasta recientes. Estas últimas, aparecen en el Uruguay con muy escaso desarrollo y débil potencia, cubriendo solamente las partes bajas de los valles y dejando al descubierto áreas apreciables de las rocas subyacentes. En la Argentina, adquieren mucho mayor amplitud superficial y, a medida que nos alejamos hacia el oeste, alcanzan también mayor espesor.

En la región que estamos considerando aparece en el escenario geológico otra formación, con caracteres litológicos propios, de edad miocénica. Esta, que aflora siempre en las proximidades del río Uruguay, es menos desarrollada que las anteriores en su parte expuesta.

Creemos que no interesa dar aquí los límites de todo este conjunto geológico, ni tampoco estamos actualmente en condiciones de hacerlo, pero

(1) Estas rocas también son denominadas meláfiro, en consideración a su edad.

se destaca el hecho que hacia el este persisten las mismas condiciones geológicas por más de 180 km, ocurriendo otro tanto hacia el norte por la cuenca del río Uruguay.

Por sus caracteres litológicos particulares y por su posición, cada una de las formaciones mencionadas tiene significación propia, en especial en lo que se refiere a la impermeabilidad del vaso y a la fundación de la presa.

### 1 — FORMACIONES GEOLOGICAS

#### Su distribución

Haremos referencia aquí a las formaciones geológicas que aparecen en el área del lago a formarse, indicando su distribución dentro de la misma con referencia particular a sus mejores afloramientos, con el objeto de explicar el plano N° 1 que figura en este trabajo.

#### a) *Eruptivas de Serra Geral.*

La más antigua de las formaciones, de edad triásica superior-jurásica, está constituida fundamentalmente por la serie de rocas eruptivas de facies efusiva de tipos basálticos, conocida con la denominación de *Eruptivas de Serra Geral*.

Están expuestas principalmente en la parte uruguayo del área, y dentro de ésta —aunque en distintos lugares, aparecen junto al río— sus afloramientos son más importantes hacia el este, en los valles de los cursos de agua, en los cuales la curva de cota 35 se aleja más o mucho más de aquél.

En algunos lugares, el río ha labrado su ribera izquierda (Lám. I, figs. 2, 3 y 6) en la roca eruptiva determinando escarpas de inclinación variable, a veces cortadas a pique, en ocasiones coronadas por formaciones más modernas. Tal ocurre en una zona del paraje denominado Colonia Osimani, frente a la desembocadura del arroyo Ayuí Grande, en la margen izquierda del río Uruguay; al norte del arroyo Itapebí los afloramientos determinan un cordón continuo a lo largo del río, que se extiende hasta el Resguardo homónimo; aparece nuevamente junto al río a la altura de la población de Constitución, para no volver a aflorar en las proximidades de aquél, sino muchos kilómetros más al norte junto a la población de Belén, en la parte baja de la empinada escarpa del puerto local y sobre el arroyo

Yacuí. Hacia el norte de la confluencia de este arroyo con el Uruguay y luego de un tramo sin afloramientos, la margen del río está jalonada por rocas basálticas hasta frente a la isla Paredón.

En otros lugares en cambio, la ribera más baja y cubierta oculta la formación, que aparece solamente en los vallecitos de erosión y en los valles de pequeños cursos de agua que bajan de la "cuchilla" más o menos cercana. Tal ocurre principalmente en las cañadas que desembocan en el Uruguay, aguas abajo de la confluencia del arroyo Itapebí y en los valles del arroyo Ceibal Grande y su afluente el Ceibal Chico.

Además, estas rocas basálticas se observan a lo largo del cauce del río en varios lugares del tramo en que fué practicado el reconocimiento. Expuestas de manera notable afloran en el denominado Salto Grande y en la zona de rápidos con él relacionada, emergiendo profusamente del nivel del río en aguas bajas. También se las ve en Salto Chico, ligeramente al norte de la ciudad de Salto, y principalmente aguas arriba del Salto Grande entre éste y la desembocadura del arroyo Chaviyú, isla Ceibal, isla Paredón y San Gregorio.

Aunque menos visibles que del lado uruguayo, afloran en territorio argentino en varios sitios a lo largo de la margen derecha del río Uruguay, y siempre a escasa distancia del río hacia el oeste. Su mayor avance en esta dirección se observa hacia el norte del área, en el tramo inferior del río Mocoretá, hasta pocos kilómetros aguas arriba de su confluencia con el Uruguay, donde quedan cubiertas por sedimentos recientes.

El afloramiento más meridional observado, a excepción de los del río en Salto Chico, se registra en la margen derecha en el lugar que se conoce con el nombre de Barranca Pelada, situado al sur del chalet Soler.

Aparece nuevamente bien expuesta aguas arriba, en los abruptos taludes en que se resuelve la costa en los cerros del Tigre y Grande (Lám. I, fig. 4).

Más al norte asoma la formación, a lo largo del río Uruguay, frente a las islas Redonda, Verdún (extremo meridional) y Ceibal, y luego de un tramo de margen cubierta, vuelve a aflorar en las escarpas junto a la población de Federación (Lám. I, fig. 7).

Es preciso luego remontar un largo trecho del río Uruguay para ver nuevamente estas rocas, al pie de la barranca de la margen derecha, frente a la desembocadura del arroyo Boicuá (Lám. I, fig. 9). Aguas arriba está francamente expuesta a la altura de la isla Gaspar, y más al norte aún, a partir de la desembocadura del Mocoretá, determina una faja de afloramientos prácticamente continua que se extiende hasta más allá de la desembocadura del arroyo San Gregorio.

Dentro del área y a pesar de la discontinuidad de los afloramientos de la serie eruptiva de Serra Geral, su distribución horizontal ha sido compro-

bada por las perforaciones a profundidades variables del nivel del suelo.

Es necesario anotar desde ya un hecho que surge de la observación geológica general. Según se ha expresado, los afloramientos son más escasos en el lado argentino, y sólo existen en la margen del río o en sus vecindades, desapareciendo totalmente hacia el oeste. Esto indica que la formación —que por razones diversas (extensión, continuidad, espesor, etc.) tomaremos como una *formación basal*— se hunde suavemente hacia el oeste. Es preciso dejar aclarado que esta inclinación, angularmente muy pequeña, surge como un hecho general, no siendo posible su determinación sino por sondeos alineados en su dirección y lo suficientemente alejados como para poder descartar las irregularidades locales, que provienen de la configuración del techo de la formación. Una idea de esa inclinación general la daría, en todo caso, la pendiente media de los ríos uruguayos de la zona, afluentes del Uruguay, cuya dirección general es aproximadamente este-oeste.

#### b) Depósitos de edad miocénica.

La formación que constituye estos depósitos y que en la región considerada se superpone discordantemente sobre las Eruptivas de Serra Geral, ha recibido en el transcurso de los últimos tiempos diferentes denominaciones por parte de distintos investigadores. Es la misma que poco tiempo atrás fué designada en el Uruguay por "Capas de Fray Bentos" y en la Argentina por "Calcáreo brechoso". Para nuestro trabajo no vamos a adoptar ninguna de las dos denominaciones, por ser la primera el nombre de una localidad uruguaya que no es de la región, y por no representar la segunda la característica litológica general o fundamental de la formación, según se va a deducir de la descripción que más adelante haremos de la misma. Por otra parte, adoptar para esta formación la denominación de "calcáreo brechoso" podría dar lugar a equívocos con respecto a las condiciones geológicas del vaso. Tampoco vamos a introducir un nuevo nombre, de modo que al referirnos a ella, lo haremos con relación a su edad, indicando su conjunto como "*Depósitos Miocénicos*".

También en este caso, como en el de la formación eruptiva, le corresponde al lado uruguayo mayor número de afloramientos y máximo desarrollo superficial, aunque su área de dispersión queda limitada a unos pocos kilómetros al este del río Uruguay.

El afloramiento más austral en territorio uruguayo, aparece aproximadamente a la altura de la desembocadura del arroyo San Antonio, estando bien expuesto ligeramente al norte en la margen a veces abrupta del río Uruguay, en el paraje denominado "Las Cuevitas" (Lám. I, fig. 1); aguas arriba de este lugar aflora a lo largo del río, frente a la desembocadura del arroyo Ayuí Grande (Lám. I, fig. 2). En las partes más sep-

tentrionales de este sector, se observa la formación eruptiva del yacente, lo que no ocurre en Las Cuevitas donde los depósitos miocénicos forman toda la escarpa visible del río. En todos los casos, se hallan cubiertos por depósitos pliocénicos cuya base se encuentra por debajo de la cota 30. Hacia el este, siempre en este mismo sector, los depósitos miocénicos afloran en algunos puntos del valle del arroyo San Antonio, tales como Paso Martín José, Fuente Salto y por donde el camino Salto-Paso del Terrible cruza su valle superior.

Entendemos que todos los afloramientos citados, aunque dispersos, están relacionados entre sí y pertenecen a una mancha continua cuyo límite septentrional puede deducirse bastante claramente con el examen del plano N° 1.

Estos depósitos, hacia el norte y a lo largo de la margen izquierda del río Uruguay, vuelven a aparecer a la altura de la localidad de Constitución. Aguas arriba de la desembocadura del arroyo Ceibal Chico, presentan muy buenos afloramientos en el abrupto talud de un amplio meandro.

Siguiendo hacia el norte, la formación desaparece para reaparecer, expuesta ahora, algo más alejada del río Uruguay, a la altura del río Arapey, determinando aquí un remanente que descansa sobre rocas basálticas, ligeramente al sur de este río, cerca del puente Tacuabé. También los depósitos miocénicos descansan sobre rocas basálticas en la alta margen derecha del río Arapey, cerca de su confluencia con el Uruguay. Hacia el norte una extensa zona cubierta dificulta la observación directa. Más adelante, vuelven a aflorar para sobrepasar la localidad de Belén y acercarse al arroyo Yacuí, por donde cruza la carretera principal. Estos afloramientos son los exponentes más septentrionales de la formación, la que ya no vuelve a aparecer hacia el norte, por lo menos en territorio uruguayo.

En base a la distribución de los afloramientos uruguayos y apoyándonos en el hecho de que en zonas bien determinadas aparecen sedimentos del Plioceno descansando directamente sobre las rocas basálticas, es posible delimitar la existencia de tres zonas separadas de los depósitos de esta formación en la región considerada: la meridional, que se extiende entre la desembocadura del arroyo San Antonio y aproximadamente el denominado perfil Ayuí; la central, que tiene como centro la población de Constitución, y la septentrional, zona limitada en la dirección norte-sur por los afloramientos situados ligeramente al sur del río Arapey y los cercanos al arroyo Yacuí. En esta última es posible admitir la continuidad, por lo menos original, de los afloramientos, que debido a agentes erosivos que actuaron durante largo tiempo han sido seccionados a la altura del río Arapey y del arroyo Boicuá.

Los depósitos miocénicos que se observan del lado argentino, aparecen siempre en la margen del río Uruguay o en sus cercanías. El afloramiento más meridional se presenta en la barran-

ca del río, aguas arriba de la ciudad de Concordia, a la altura de los filtros de las aguas corrientes. Sobre ellos apoyan depósitos del Plioceno.

Sigue hacia el norte una gran superficie cubierta por sedimentos más modernos en la que apenas asoma la formación en el lecho del arroyo Ayuí Chico, en las proximidades de su confluencia con el río Uruguay. El área cubierta continúa hasta la zona de Salto Grande, donde la formación, nuevamente expuesta, forma parcialmente los abruptos taludes del río, como en el Cerro del Tigre y especialmente en el Cerro Grande (Lámina I, fig. 4), o constituye importantes afloramientos en las cercanías de la costa, que se extienden, con algunas interrupciones, entre el arroyo Gualaguaycito y el extremo sur de la isla Redonda.

Siguiendo aguas arriba del Uruguay y luego de un tramo en que la formación no existe, ya que sobre las rocas basálticas apoyan directamente los depósitos del Plioceno, vuelve a aparecer, aunque por corto trecho, en la margen del río frente a la isla Ceibal (Lám. I, fig. 6).

Hacia el norte continúa una extensa superficie cubierta, reapareciendo estos depósitos pobremente expuestos en Federación, en un pequeño curso de agua, casi en el extremo noroccidental de la ciudad, aproximadamente 200 m al SE de la estación del ferrocarril.

Es necesario remontar el río Uruguay hasta el brusco codo que describe frente a la desembocadura del río Arapey, para encontrar los depósitos miocénicos, en el abrupto talud en que se resuelve la margen derecha en un trecho no menor de 2 kilómetros (Lám. I, fig. 9).

De nuevo un área cubierta dificulta la observación al norte de la estancia de Vieyra. Sin embargo vuelve a aflorar desde la desembocadura del arroyo Morrillo hacia el norte, desapareciendo luego, para aflorar otra vez aguas arriba en las vecindades de la margen del río, frente al extremo meridional de la isla Gaspar. Con la mancha a que deben corresponder estos afloramientos aislados hay que relacionar también los que aparecen en el lecho del arroyo Morrillo aguas arriba hasta la unión del Morrillo Grande con el Morrillo Chico.

Más al norte de los últimos afloramientos citados, no se observan otros depósitos de esta formación.

La superposición directa del Plioceno sobre rocas basálticas, observada en algunos lugares y a lo largo de un perfil norte-sur comprueba la existencia de una discordancia de erosión en su base o deposición discontinua del Mioceno.

Por otra parte, observando la relación de distribución entre los afloramientos uruguayos y argentinos, es posible llegar a la conclusión de que en general, forman parte de las mismas zonas, a veces seccionadas o rebajadas por el trabajo del río. Así pues, los afloramientos uruguayos de San Antonio se corresponden con los argentinos del norte de Concordia y Ayuí Chico; los de la

zona de Constitución con los del sur de Federación y con el que aparece en Federación mismo, y los de la zona Arapey-Boicuá con los que aparecen en el lado argentino desde el gran codo del río hasta la isla Gaspar.

En cambio, los Depósitos Miocénicos, en la zona de Salto Grande, afloran solamente del lado argentino; su presencia en la margen izquierda del río fué comprobada por las perforaciones 467/2 (cota 29,65) y 467/1 (cota 36,00), que los encontraron a 10 y 14 metros de profundidad, respectivamente.

De acuerdo con el resultado de las perforaciones realizadas en Ayuí Grande, lado argentino, las manchas de los depósitos miocénicos que afloran en el Uruguay, se continúan al oeste (Perforaciones VI, cota 29,77 y V, cota 14,92) que los encontraron a 14,45 m y 4,30 m de profundidad, respectivamente.

Comprobada la continuidad de las zonas en ambas márgenes del río y reconocido también que ella no existe en dirección norte-sur como claramente se desprende de los hechos anteriormente destacados, habría que establecer si la continuidad de la formación se mantiene hacia el oeste. En otras palabras, debería aclararse si los depósitos miocénicos constituyen un manto continuo o manchones aislados. Los hechos parecerían demostrar, en cierto aspecto, este último criterio.

Si bien el interrogante expuesto no deja de tener interés, la finalidad del presente trabajo lo disminuye, debido a que 1) la formación inclina suavemente hacia occidente, y 2) muchas veces su techo se encuentra por debajo de la cota superior del embalse.

### c) *El Plioceno.*

Del lado uruguayo los depósitos del Plioceno forman grandes manchas irregulares de contornos muy recortados. Esta distribución en manchas aisladas se debe a la acción de la erosión, que además de intensa y continuada, ha encontrado material propicio para que sus efectos resultaran mayores.

La dispersión de la formación hacia el este es mayor que la edad miocénica, llegando una de sus manchas hasta unos 20 km del río Uruguay.

En general ocupa las partes altas del terreno, y por lo común sus afloramientos se hallan por encima de la cota 30, a pesar de que en la parte sur de la región considerada (al sur del arroyo Itapebí), aparecen también por debajo de esta cota.

La mancha más meridional de estos depósitos en el área estudiada comienza desde algo al sur de la ciudad de Salto, extendiéndose hacia el norte hasta las proximidades del arroyo Itapebí. Es interesante anotar que esta mancha constituye en extensión, la última manifestación de importancia que aparece en el Uruguay, pues hacia el sur, sólo se observan remanentes de la forma-

ción en lugares muy distantes de nuestra región y muy separados entre sí.

Hacia el norte, si bien el valle del arroyo Itapebí abre en ella un paréntesis de erosión, esta formación presenta una nueva mancha, que aunque profundamente recortada por el valle del arroyo Ceibal, continúa sin embargo hasta la altura de Constitución.

Más al norte aún, existen otras dos manchas, pero fuera ya del límite oriental de nuestro trabajo.

En base a la distribución de los afloramientos y de acuerdo a los hechos observados, es posible y probable que originalmente la formación haya tenido, en el lado uruguayo, si no absoluta continuidad, una mayor de la que actualmente muestra, dado que son bien visibles los efectos producidos por la erosión, que prosiguen actualmente.

La extensión original de la formación que se manifiesta del lado uruguayo aparece, a pesar de las amplias áreas cubiertas, mucho más clara del lado argentino en un sector importante de la región considerada. En efecto, la observación del mapa geológico basta para comprobar que esta formación, a pesar de la dispersión de sus afloramientos, se desarrolla superficialmente sin interrupción dentro de la región del embalse y hacia occidente, llegando por el norte, por lo menos hasta aguas arriba de la desembocadura del arroyo Morrillo. Más al norte no se observan afloramientos que comprueben su existencia; sin embargo, podría hallarse cubierta por sedimentos más modernos, pero en relación con el embalse pierde todo interés, por aflorar en cotas muy altas.

La continuidad en el lado argentino está localmente afectada por la erosión en los tramos inferiores de los valles, quedando interrumpida por el río Uruguay que en el transcurso del tiempo, con su acción erosiva, ha cortado la unión con las manchas de la margen izquierda, que representan su extensión máxima hacia aquella dirección.

En la margen derecha del río, el piso de la formación se mantiene por debajo de la cota 30 desde Concordia hasta algo aguas arriba de la desembocadura del arroyo Chaviyú, guardando en este tramo la misma relación de posición en ambas márgenes. Más al norte, en los pocos puntos en que pudo observarse el contacto, frente a Constitución y en Federación, la altura del piso de la formación está alrededor o ligeramente por encima de los 30 metros. Más al norte aún, en un punto del tramo en que el río Uruguay corre con dirección este-oeste comprendido entre dos señaladas curvas, el techo de la formación —cuya posición aparentemente anormal trataremos de explicar en el capítulo dedicado a estructura— asoma aproximadamente a la cota 25. Un poco más al norte, frente al río Arapey, en los escasos puntos en que aflora, su base se halla muy próxima al plano de nivel de 30 metros o algo más alto todavía (Lámina I, figs. 1 a 8).

Como las condiciones de capacidad de retención de la superficie del vaso —en especial la parte occidental— dependerán en buen grado de las características físicas y de la posición de ésta y de las demás formaciones que bañe el agua de embalse, es necesario prestar mucha atención a los sedimentos del Plioceno por las siguientes razones: 1) a lo largo del río y en buena parte, el piso de la formación está por debajo de la cota superior del espejo del lago a formarse; 2) la formación inclina, aunque suavemente, hacia el oeste.

Volveremos sobre este importante asunto en el capítulo siguiente.

d) *Los terrenos pampeanos.*

Incluimos en estos terrenos, en los que no es posible establecer aquí ninguna subdivisión, aquellos que fueron depositados durante la parte final del Terciario y la más antigua del Cuaternario. Estratigráficamente reposan sobre el Plioceno, pero esto no implica que, ocasionalmente, no recubran formaciones de distinta edad, como realmente ocurre.

Sus afloramientos, en la superficie que puede abarcar el embalse, tienen escasa representación. Su desarrollo real en extensión, ha de ser evidentemente superior a lo visible, pues en algunas partes bajas y cubiertas vinculados en general con los tramos inferiores de los valles, deben constituir el subsuelo más o menos inmediato.

Los afloramientos que merecen citarse están relacionados en situación, en el lado uruguayo, con el lecho del arroyo Itapebí, apareciendo también en algunos puntos en ambas márgenes del río Uruguay.

En el lado argentino, afloran al norte de la desembocadura del arroyo Ayuí Grande y en la del Gualaguaycito y, fuera del área afectada por el embalse, aparece en las partes altas del terreno al nordeste de Villa Rosario (Chajarí).

Esta formación adquiere mayor importancia hacia el oeste, en cuya dirección gana en continuidad y en espesor.

e) *Depósitos Cuaternarios.*

De acuerdo con lo expresado al referirnos al Pampeano, no es posible desvincular a éste totalmente de otros depósitos cuaternarios de los cuales hablaremos a continuación.

Hemos dicho que el Pampeano, con sus depósitos característicos, se ubica estratigráficamente sobre el Plioceno.

También sobre el Plioceno y en relación con procesos evolutivos del río Uruguay, se ubican otros depósitos con características bien distintas pero que guardan sin embargo con aquéllos una relación de sincronismo en su depositación. Con esto estamos asignando edad post-pliocénica al primero de los dos mantos de cantos rodados fluviales, el más alto topográficamente, que aparece en buena parte de la región, que marca otras tantas etapas en la evolución del río Uruguay.

Además, la edad del manto de cantos rodados que fué depositado primero y que se halla entre las cotas de 40 a 45 metros, queda determinada por el hecho de descansar en otros lugares de la provincia sobre una formación que se considera relacionada con la ingesión marina enterreriana ocurrida en tiempos pliocénicos.

Por un descanso posterior en el nivel de base del río, estos depósitos, testigos de una red hidrográfica anterior, formaron una terraza fluvial, elevada actualmente a la cota indicada, la cual, a pesar de haber sufrido los efectos de la erosión, se manifiesta en distintos puntos y a ambos lados del río.

La dispersión de los depósitos, que está en relación más o menos directa con el curso actual del río, varía con la morfología del terreno, la que no ha de ser muy distinta de la existente en la época en que aquellos fueron depositados. En algunos casos esa dispersión puede avanzar algunos kilómetros a partir del río actual. Tal ocurre del lado uruguayo, principalmente a la altura de Constitución, en donde los cantos rodados relacionados con el transporte del río aparecen hasta unos 6 km de la costa. En el valle inferior del río Arapey, también fueron observados a una distancia del río Uruguay similar a la anterior (Lám. I, fig. 6).

Más cerca del curso del río, los restos de la terraza erosionada en mayor o menor grado, se observan en distintos lugares: ligeramente al sur de la señal geodésica Salto Grande, en el espolón entre las cañadas del Encierro y Cachorro, en las cotas 35 y 40; más al norte, junto a otra señal geodésica en campos del señor Galeoni, aproximadamente frente a la isla Herrera, en cota 40; al norte del arroyo Ceibal Chico, en campos del señor Anselmo Antúnez, aproximadamente en cota 40; más al norte todavía pasando el arroyo Boicúa, cerca del río, en campos del señor Galeazi cuya casa está edificada sobre un manto de cantos rodados en la cota 40 aproximadamente, y, más al norte aún, pasando el arroyo Yacuí y cerca del Uruguay, la terraza alta aparece bastante definida en el campo y especialmente donde se levanta la casa del Sr. Nicasio Viera (Lám. I, figs. 5, 6 y 10).

Del lado argentino, al igual que en el lado uruguayo, los depósitos de la terraza fluvial más alta se ven en distintos lugares en las cotas 40 a 45. También aquí se observa un avance máximo de algo más de 6 km hacia el oeste del río, tal como se comprueba a lo largo de la ruta 14 al norte del arroyo Mandisoví Chico.

Los exponentes de la misma terraza aparecen en las cercanías de la margen derecha del río Uruguay, por ejemplo, al sur de Federación, desde Puerto Escala, aproximadamente en la cota 35, hacia el norte, llegando y sobrepasando algo la cota 40; más al norte, a la altura de Santa Ana, en las de 40 y 45; en la margen derecha del río Uruguay frente a la desembocadura del arroyo Boicúa, en la de 40, y finalmente más al norte aún, ligeramente al sur de la isla Gaspar (Lám. I, figs. 4, 6, 9, 11 y 12).

Nuevos cambios en el nivel de base del río Uruguay, posiblemente en relación con la ingresión marina de tiempos cuaternarios (ingresión querandina), produjeron un nuevo aluvionamiento que dejó sus testigos a inferior altura que los de la terraza anterior. El posterior movimiento positivo que determinó finalmente la regresión del mar querandino con la consiguiente reactivación en el trabajo de erosión, dió como resultado una segunda terraza fluvial que aparece actualmente entre las cotas 25 y 30.

Esta segunda terraza fluvial más baja, constituida como la más alta por un manto de cantos rodados tiene, como es lógico, menor amplitud que aquélla, estando más estrechamente relacionada con el curso actual del río. En los pocos casos en que fué posible observarla, se notó que conserva mejor sus formas debido a que la acción erosiva tuvo lugar durante menos tiempo.

Sus mejores exposiciones aparecen en la margen izquierda del río Uruguay, una de ellas aguas arriba de la desembocadura del arroyo Espinillar frente a Federación (Lám. I, fig. 7), y la otra, unos 4 km aguas arriba de la desembocadura del arroyo Boicuá, ambas entre las cotas 25 y 30. En el lado argentino fueron observados los depósitos en la ruta 14, al pasar hacia el norte el arroyo Mandisoví Grande, también comprendidos entre las cotas 25 y 30.

Del punto de vista principal del presente estudio, las dos terrazas fluviales que hemos definido no tienen mayor significación, pues, si bien sus depósitos tienen características en cierto aspecto totalmente negativas, están localizadas; la más alta se halla en cotas superiores a las máximas previstas para el embalse y la más baja apoya sobre otros depósitos más antiguos de cuyas características dependerá el comportamiento del vaso.

Fuera de los mantos de cantos rodados que forman las dos terrazas fluviales, merecen citarse, entre los depósitos cuaternarios, los muy arenosos, prácticamente arenas, que en pronunciado talud afloran en la margen derecha del río Uruguay, desde inmediatamente aguas arriba de la desembocadura del arroyo Mandisoví hasta más allá de la desembocadura del arroyo Santa Ana (Lám. I, fig. 8). También se les encuentra con características muy similares, aunque en mucho menor escala, ocupando parcialmente algunos tramos de los valles de los arroyos Mandisoví Grande y Chico y Morrillo. Tanto las características de estos depósitos como su posición, son desfavorables para las condiciones que deben llenar las paredes del vaso, aunque su carácter local y su situación dentro del área del mismo, aminoran tales efectos. Serán no obstante tenidos en cuenta al considerar en su conjunto los distintos aspectos.

Depósitos cuaternarios más recientes, constituyendo en este caso las carpetas de suelo vegetal, se extienden en el área del embalse cubriendo a veces extensiones de regular importancia, especialmente en los tramos inferiores de los valles afluentes del Uruguay, en particular en la margen

derecha, así como en algunos tramos de las ribeiras del río. En el plano geológico N° 1 se han representado como zonas cubiertas y su composición depende, a menudo, de la de los terrenos infrayacentes que parcialmente contribuyen a su formación, y otras veces están en relación con los sedimentos que transportaron y transportan los cursos de agua desde regiones más distantes.

Finalmente, como depósitos cuaternarios citaremos los médanos que constituyen una acumulación de cierta importancia en el lado argentino desde la margen del río hacia el norte, entre la localidad de Santa Ana y el propio río, en el tramo que corre con dirección este-oeste. Estos depósitos, por encontrarse en cotas superiores a la máxima del embalse, no tienen importancia desde nuestro punto de vista.

Aunque en algunos casos habrá que comprobarlo por sondeos, que será conveniente efectuar, el Cuaternario constituye, en general, un manto con débil espesor que cubre irregularmente las formaciones más antiguas. Los sondeos que más interesa realizar para comprobar el espesor del Cuaternario, estudiar su composición y llegar a obtener conclusiones en cuanto a su comportamiento frente a la carga de agua del embalse que habría de soportar, se ubicarán en el valle inferior del arroyo Mandisoví Grande: uno junto a la ruta 14; otro aguas abajo de este punto, y un tercero aguas arriba de la mencionada ruta. Con el mismo fin, si el perfil a adoptarse para la presa se ubicara aguas abajo del Gualaguaycito, sería oportuno hacer la misma comprobación en el valle de este arroyo. Del lado uruguayo, el único punto de interés para practicar un sondeo con fines a la determinación del espesor y calidad del Cuaternario, así como la de la formación yacente si fuera otra que la de las rocas basálticas, se ubicaría en la parte convexa del fuerte meandro del Uruguay, frente a la desembocadura del Mandisoví.

## 2.— CARACTERISTICAS DE LAS FORMACIONES. PROPIEDADES PRINCIPALES DE LAS ROCAS QUE LAS COMPONEN

### a) Serie eruptiva de Serra Geral.

Recordamos que esta formación fué considerada como basal. Esta aseveración se fundamenta en los siguientes hechos: ocupa una extensión muy grande que abarca aproximadamente: al sur el paralelo 33° de latitud sur; al norte la República del Paraguay; al este en territorio uruguayo, hasta unos 200 km al oriente del río Uruguay (más al norte, en el estado brasileño de Río Grande del Sur, alcanza en una localidad, el océano Atlántico); al oeste la provincia de Santa Fe. A pesar de no presentarse expuesta en ninguna parte, sobrepasa el río Paraná, encontrándose su techo, en esta dirección, a profundidades cada vez mayores.

Esto último resulta de las perforaciones realizadas en territorio argentino, en las provincias de Entre Ríos y Santa Fe.

En base a las observaciones del borde oriental de esta serie y de los datos obtenidos de algunas perforaciones realizadas (Perforación Arapey, en territorio uruguayo, que atravesó 540 metros de rocas basálticas), se infiere que su espesor viene aumentando desde su borde oriental hacia el oeste y luego de alcanzar un máximo, disminuye finalmente en aquella dirección.

La zona en estudio representa, así, una pequeña parte de esta enorme lenteja.

Como ya se ha expuesto, esta formación es de origen eruptivo, de facies efusiva de un magma básico y por lo tanto de gran fluidez. Sus lavas llegaron a la superficie a lo largo de gran cantidad de fisuras, derramándose en coladas sucesivas y discontinuas que formaron en su conjunto la enorme lenteja referida, con los potentes espesores anotados. Esta sucesión es realmente discontinua, ya que es frecuente encontrar intercaladas entre las distintas coladas, pequeñas lentes de espesores y superficies variables, de areniscas de origen eólico, afectadas en diversos grados por la temperatura de las lavas.

Por lo tanto, esta formación está constituida casi totalmente por basaltos que incluyen pequeñas lentes de areniscas que representan un escaso porcentaje del conjunto.

Con respecto a sus caracteres litológicos, es preciso considerar la forma como ocurrieron los hechos al derramarse cada colada sobre la superficie preexistente, que pudo estar constituida ya sea por rocas de mayor edad que la serie eruptiva o por una colada anterior, o aún ocasional y parcialmente, por arenas eólicas.

La fluidez de estas lavas básicas les permitió recorrer, a partir de las grietas de efusión, distancias considerables. Las lavas primitivamente ricas en gases al llegar a la superficie y derramarse los van dejando escapar. Se forman así numerosas burbujas que tienden a ascender, aumentando su cantidad y tamaño en forma apreciable, en la parte más superior de cada colada. Cerca de la superficie, la mayor rapidez de la solidificación permite la conservación de esas vacuolas, que dan a la roca su aspecto esponjoso. Las partes internas de cada colada en cambio se enfrían más lentamente, la lava conserva por más tiempo su plasticidad, y al permitir así el escape casi total de los gases, se convierte en una roca prácticamente compacta (basalto gris). Además, la parte basal de la colada, por su fuerte fricción con la superficie preexistente, se desplaza con menor velocidad que su parte superior. Este hecho da lugar al tipo de estructura lajosa con cierta apariencia sedimentaria <sup>(1)</sup>.

Se observan así, en la sección de cada escorial, de abajo hacia arriba, los tres tipos de rocas que caracterizan las partes mencionadas precedentemente: la inferior, formada por rocas de coloración pardo-rojizo, con textura, que sin dejar de ser compacta, se ve disminuida en su conjunto

por presentar estructura lajosa proveniente de la disyunción laminar; la parte media, de color gris oscuro, constituida por las rocas de mayor compacidad del escorial, pasando en transición a la parte superior formada por rocas vacuolares o muy vacuolares de coloración pardo-rojiza. Las cavidades se encuentran rellenas, a menudo, por minerales secundarios, calcita, clorita, feldespato, sílice.

Es de notar que esta sucesión de tipos de rocas, en la masa de cada colada, corresponde a una sección vertical idealizada de la misma, y que, según donde se efectúe la penetración, aparecerán más o menos definidas las características descriptas. La misma variará según se penetre en el centro o en el borde del escorial.

Por otra parte, en cada una de estas secciones se ha producido alteración en diverso grado, proveniente de los agentes que actuaron de diferente manera y durante distinto tiempo sobre ellas, resultando así las varias características con que las mismas se presentan.

La parte superior, a veces francamente porosa, no es necesariamente permeable, dado que para serlo sería preciso que los poros estuvieran intercomunicados. Dentro de este tipo de basaltos, sin embargo y a causa de su alteración, algunas perforaciones revelaron la presencia de capas acuíferas que indican para estos casos, que la roca posee permeabilidad.

La parte media, de espesor variable y de gran compacidad en su conjunto, puede considerarse prácticamente impermeable. Esta propiedad puede ser afectada, sin embargo, cuando la roca presenta ocasionalmente abundantes fisuras y se encuentra alterada.

La parte inferior, francamente más fisurada, a pesar de que a menudo las fisuras pueden hallarse soldadas, resulta de menor compacidad que la anterior, aunque sus condiciones de permeabilidad no han de ser en su conjunto menores que en la parte media del escorial.

A mayor abundamiento y para tener una idea más precisa de la variación de los tipos de rocas pertenecientes a esta serie, se adjuntan en el capítulo correspondiente los perfiles y una breve descripción de los mismos, obtenidos de las perforaciones practicadas en una y otra margen del río.

El conjunto de coladas sucesivas integradas por los diferentes tipos descriptos, es lo que constituye el espeso manto de rocas lávicas de la serie de Serra Geral. Esta masa de rocas es considerada en su conjunto, impermeable, por lo menos en el sentido vertical, pues ha sido constatada mediante perforaciones la existencia de aguas bajo presión en su yacente (surgentes). A veces se ha comprobado también dentro de la serie misma, la presencia de aguas ocasionalmente surgentes confinadas en los horizontes porosos. Este hecho indica en esos casos, intercalaciones permeables en sentido horizontal. Pero tales circunstancias no han de afectar el carácter de impermeabilidad del con-

(1) GROEBER PABLO, Boletín 17 del Instituto Geológico del Uruguay.

junto, dado que la disposición irregular de las zonas permeables incomunica a éstas entre sí.

Dentro de los tres tipos principales precedentemente mencionados, hemos diferenciado en atención a su color, compacidad, grado de alteración, etcétera, otros tipos que se detallan a continuación. Además y de acuerdo con el panorama general esbozado, se exponen las condiciones de las paredes del vaso, constituidas por estas rocas en función de sus caracteres generales, en aquellos lugares en que aparecen por debajo de la cota del espejo de agua del lago.

*Tipo I* — Basalto gris. Aflora en la ribera izquierda del río Uruguay, a mitad de camino entre la desembocadura del arroyo Boicuá y el pueblo de Belén (único sitio donde se ha observado).

*Tipo II* — Basalto de color pardo rojizo, compacto, con muy escasas y pequeñas oquedades rellenas por calcita. Aflora en la ribera derecha del río Uruguay: frente a la parte media de la isla Redonda y parte sur de la isla Verdún; ligeramente al sur de la isla Gaspar; frente a la estancia Santa Eloísa (se intercalan areniscas rojas) y al norte de esta estancia hasta la proximidad del arroyo San Gregorio. En la margen izquierda desde el Parador Quiroga hacia el río, y hacia el sur hasta la cañada Durazno (en la zona de Salto Grande incluye arenisca con diferente grado de "cocción" térmica); entre el arroyo Itapebí y el pueblo de Constitución (ocasionalmente incluye arenisca); al norte del arroyo Yacuí, hasta estancia de P. Orihuela; Pasos de Piedra y El Terrible, y en parte del talweg de los arroyos Itapebí Chico y Grande, respectivamente.

*Tipo III* — Basalto de color gris y pardusco, compacto, con disyunción lajosa, con fisuras, a veces rellenas por material calcáreo. Aflora en los cerros El Tigre y Grande (zona de Salto Grande).

*Tipo IV* — Basalto de color pardo rojizo a rojizo, regularmente compacto, de estructura amigdaloides, con amígdulas a menudo rellenas con calcita. Aflora en la ribera derecha del río Uruguay: en Puerto Escala; primer arroyo al norte del arroyo Bizcocho; Cueva del Tigre (frente a la desembocadura del arroyo Boicuá); ligeramente al sur de la estancia San Gregorio; margen derecha del Moceretá entre los arroyos San Agustín y San Gabriel. En la margen izquierda: en el Resguardo Suárez (incluye lentes de arenisca "cocida").

*Tipo V* — Basalto con grado variable de alteración, en general avanzada, de coloración pardusca grisácea o rojiza. Aflora en Federación, en la avenida Costanera (muy alterado y con disyunción esférica). Alrededor de la entrada al Parador Quiroga, valle superior del arroyo Espinillar, al oeste de la ruta a Belén (con disyunción esférica); tramo inferior de la margen derecha del Arapey (muy alterado y con disyunción esférica).

*Tipo VI* — Basalto color pardo rojizo, bastante alterado, con leptoclasas, rellenas secundariamente por calcita que también rellena oquedades,

originando geodas incluidas en la masa de la roca. En la ribera izquierda del río Uruguay, frente a la desembocadura del arroyo Ayuí Grande.

En base a lo que antecede, se llega a la conclusión de que la parte de la superficie del vaso, por lo menos cuando está constituida por los tipos I y II, es prácticamente impermeable.

Respecto del tipo III, si bien en afloramientos se supone que la presencia de fisuras no siempre soldadas, constituye un conjunto permeable (caso del cerro El Tigre), puede admitirse que lateralmente y a escasa distancia, aquéllas se encuentran soldadas, como lo demuestran las perforaciones X y XI del lado argentino. Por lo tanto, en estos casos se infiere que este tipo de basalto constituye un conjunto impermeable.

*Tipo IV.* Es el tipo de roca que, según se ha expresado anteriormente, puede ser ocasionalmente permeable. Los efectos de tal carácter resultan, sin embargo, disminuidos en base: 1) a las condiciones de orden general ya enunciadas; 2) a la presencia de calcita que rellena, a menudo, las vacuolas y las fisuras, y 3) a que los afloramientos observados no son del tipo francamente poroso.

Volveremos sobre este tema al tratar la infiltración y la filtración.

*Tipo V y VI.* Las rocas de este tipo, especialmente cuando además de alteradas se encuentran fisuradas, son permeables, pero como no abarcan sino zonas limitadas y aisladas entre sí, dichas condiciones se anulan, permitiendo en todo caso la imbibición total de la parte alterada.

#### b) *Depósitos Miocénicos.*

Hemos dado a conocer, en el capítulo de las formaciones geológicas, las características generales de esta formación y la distribución de sus afloramientos. Trataremos aquí lo referente a sus espesores y caracteres litológicos.

Esta formación, con espesores reducidos desde el punto de vista geológico, tiene en la práctica suma importancia, especialmente por su posición y algunas de sus propiedades técnicas.

Como no presenta una distribución superficial continua, su influencia en el conjunto de la superficie del vaso es únicamente local.

En la región que nos interesa han sido comprobados los siguientes espesores máximos: 20 m de espesor visible en el cerro Uvierne, situado en la margen izquierda del río Uruguay, aproximadamente 4 km al norte de Constitución; 15 m en el puerto de Belén, en la margen izquierda del A<sup>o</sup> Yacuí, cerca de su desembocadura en el río Uruguay, donde descansa directamente sobre rocas basálticas; 15 m en el abrupto talud de la margen derecha del río Uruguay frente a la desembocadura del arroyo Boicuá, apoyando sobre basalto; 15 m de espesor visible en la margen derecha del río Uruguay un poco al norte de la barra del Morrillo con el Uruguay; 13 m de espesor visible en la margen izquierda del río Uruguay en el lugar conocido con el nombre de Cuevitas,

frente al Ayuí Chico; 10 metros en la margen derecha del río Uruguay en el cerro Grande, donde descansa sobre basalto. Además, en las perforaciones realizadas en Salto Grande, territorio argentino, se comprobaron los siguientes espesores máximos: 17 metros en la perforación N° III y 9 metros en la perforación N° X.

Aunque en algunos de los casos citados no fué posible observar su yacente, su espesor total no ha de ser muy superior a los mencionados. Si bien en territorio uruguayo, muy al sur de la región estudiada, ha sido constatado un espesor máximo de 70 metros, los espesores normales de esta formación rara vez exceden los 40 metros. En consecuencia y para la superficie estudiada, los espesores arriba citados pueden ser considerados como normales.

Con respecto a sus características litológicas, citaremos aquí las más salientes, no extendiéndonos mayormente en descripciones, que en varios trabajos anteriores han sido hechas con todo detalle. La matriz está constituida por limos de color generalmente pardusco rosáceo claro o muy claro. La coloración varía según el contenido de sustancia calcárea, la que entra en proporciones muy variables en la composición de la roca, siendo más clara cuanto mayor es aquella o llegando a pardusco rojiza o parda cuando ella disminuye o, en partes, desaparece. Al variar el contenido de sustancia calcárea, la roca se ha cementado en distinto grado, resultando una compacidad variable.

El calcáreo se encuentra ya sea en estado pulverulento de color blanco distribuido en concentraciones irregulares o rodeando zonas limo-arenosas que no lo contienen; ya distribuyéndose en pseudo-hiladas irregulares discontinuas, blancuzcas, que cuando se encuentran expuestas en la superficie o cerca de ella, están cementadas, adquiriendo dureza variable y dando lugar a la formación de placas alabeadas de calcáreo de reducido espesor; ya formando concreciones bien cementadas de tenaces calcáreos de color pardo rosáceo, de tamaño reducido en general, que se distribuyen irregularmente en la masa friable del conjunto; ya cristalizada en forma de calcita que reviste el interior de pequeñas oquedades dentro de las concreciones, ya en fin, dando lugar a la formación de lentes de calcáreos margosos muy compactos, que adquieren a veces importante desarrollo, pero que rara vez constituyen un elemento preponderante en el conjunto. Estas lentes se observan inmediatamente al norte de Constitución, a la altura del arroyo Ceibal Chico.

El contenido de arena en los depósitos es variable, y en general escaso, aunque en ciertas partes aumenta, llegando ocasionalmente a constituir verdaderas areniscas, las cuales están rodeadas por los elementos que forman la matriz, adquiriendo en estos casos un aspecto almendrado difuso. El grano de la arena es fino, y muchos de sus elementos, siempre silíceos, son muy rodados, y a veces también pulidos.

Se aprecia que los depósitos miocénicos se ca-

racterizan por su composición bastante irregular y su coloración pardusco-rojiza clara hasta blanquecina. Es por lo tanto difícil la inclusión de estos sedimentos en un tipo de roca determinado.

Hacia la base de la formación, que se apoya en discordancia de erosión sobre la serie eruptiva, es frecuente la presencia en un espesor variable, de una zona que contiene fragmentos de tamaño y forma irregular de rocas basálticas. El tamaño de estos fragmentos en su casi totalidad es pequeño, aunque en algunos casos puede alcanzar un diámetro mayor, hasta de 10 y más centímetros. Tienen forma variable y ángulos vivos, lo que demuestra el corto transporte que han sufrido. En general, el grado de cementación de este material es grande y por su aspecto externo se asemeja a un hormigón.

El contacto entre los depósitos miocénicos y la serie eruptiva de Serra Geral no es neto, pues cuando la roca yacente presenta fisuras, éstas están rellenas por el material de la formación superior. Este hecho, que se traduce en una perfecta unión entre ambas formaciones, constituye un aspecto favorable por cuanto dificulta la circulación del agua (fugas) por el contacto.

En algunas perforaciones realizadas en territorio argentino, se encontró agua dentro de los depósitos miocénicos. Esta circunstancia indicaría permeabilidad de los mismos en ciertos niveles.

Ahora bien, no debemos generalizar y suponer que estos sedimentos son permeables, dado que en numerosos casos, especialmente del lado argentino al norte del cerro del Tigre, hemos podido observar vertientes aunque de reducido caudal, en el límite de esta formación con el Plioceno. Este último hecho implica la existencia, por lo menos, de un horizonte impermeable, que coincide con la parte superior o techo de los depósitos miocénicos.

Además, la circunstancia de que tienen una composición granulométrica variable, desde elementos muy finos (parte limosa) hasta medios (parte arenosa) y de que existe carbonato de calcio que, en parte, rellena los intersticios, permite formarnos una idea de la resistencia que ofrecerá al pasaje del agua.

En consecuencia, frente al variable comportamiento de estos sedimentos con respecto al grado de impermeabilidad, aconsejamos se realicen los ensayos correspondientes *in situ*.

### c) Plioceno.

Los caracteres de estos depósitos revisten una gran importancia, ya que por su posición constituyen parcialmente la superficie del vaso del embalse.

Nos referiremos a continuación a los espesores y caracteres litológicos de estos depósitos, que acompañan a distancias variables en distintos tramos, las márgenes del río Uruguay, alejándose o acercándose hasta formar, a veces, parte de los taludes de las mismas.

El conocimiento incompleto que se tiene del

Plioceno impide referirse con precisión a sus espesores. No son de consideración en la zona directamente afectada por el lago y en las márgenes del río, donde la erosión además los va adelgazando hasta hacerlos desaparecer. En cambio, a medida que se alejan de ambas márgenes aumentan en potencia, según lo han demostrado las perforaciones realizadas.

El máximo espesor comprobado por este medio en la zona de Salto Grande, alcanza 9,50 m en un pozo situado a unos 600 metros de la margen derecha del río Uruguay y en un sondeo que es el más distante del mismo (Perforación N<sup>o</sup> XV).

A pesar de encontrarse fuera de la superficie que cubrirá el embalse, pero en zonas próximas al mismo, interesa indicar que en la perforación de Salto Chico N<sup>o</sup> V y en la de Federación, se constató un espesor de 16 metros para los depósitos pliocénicos.

Litológicamente esta formación está constituida por un conjunto de depósitos areno-areniscosos, blandos, friables, de grano en general fino y silíceo, y de coloración variable, en la que predomina el rojo mate profundo y pardo ocráceo amarillento. Su grado de cementación, en general pobre o muy pobre, está determinado por un cemento ligeramente arcilloso limonítico o hematítico, el que comunica a los sedimentos sus coloraciones características. Este conjunto incluye frecuentemente formas lenticulares, en general aplanadas, que ocasionalmente adquieren espesor y desarrollo de cierta importancia, de areniscas variablemente silicificadas de coloración pardusco-amarillenta o caramelo. Estas intercalaciones, que llegan a formar rocas de gran dureza, incluyen en su masa rodados silíceos, de tamaño variable, perfectamente redondeados.

La formación contiene también y ocasionalmente, capas de poco espesor, constituidas por un conjunto heterogéneo de rodados silíceos y arcillosos de color verde claro, costras limoníticas, etc. Además se observan a veces trozos de madera silicificada y frecuentemente pequeños rodados silíceos dispersos.

Los depósitos pliocénicos, en su base, están constituidos por un material homogéneo areno-arcilloso de grano muy fino, silíceo, de coloración grisáceo-verdoso muy clara. Este horizonte, de un espesor del orden de 2 o más metros, parece extenderse con bastante regularidad sobre el techo del Mioceno, dado que su presencia fué observada en distintos lugares de ambas márgenes del río Uruguay, así como en la mayoría de las perforaciones realizadas en el lado argentino.

Las características litológicas precedentemente señaladas dan idea de la heterogeneidad del conjunto, y además traducen fundamentalmente sus propiedades tecnológicas. No es necesario hablar de su capacidad de resistencia por cuanto estos depósitos, debido a sus condiciones y a su escaso espesor, tendrán que ser eliminados de todos los lugares afectados por la fundación de la presa. En cambio, presenta mayor o único interés en lo que concierne a su permeabilidad, sobre la que

pueden existir dudas dado que se trata de un material en general blando y friable; pero también es cierto que el cemento ligeramente arcilloso ha de contribuir favorablemente a disminuirlo. Debe considerarse como condición desfavorable el hecho de que estos sedimentos, en los lugares en que forma las paredes del vaso, estarán sometidos a una carga que puede llegar a un máximo de 8 metros de agua y a que poseen una suave inclinación hacia occidente.

De todo lo expuesto se deduce que la parte de la superficie del vaso formada por los sedimentos pliocénicos puede constituir una vía de escape de las aguas del embalse.

Sin embargo no hay que dar a este factor negativo mayor importancia de la que puede tener, pues: 1) estos sedimentos aparecen parcialmente y en forma discontinua por debajo de la cota de embalse, solamente desde el arroyo Mandisoví hacia el sur; 2) ha de existir una colmatación en este conjunto permeable, que puede provenir del material en suspensión que aporte el río y del propio cemento de las rocas de la formación.

Si el emplazamiento de la presa se realizara en la zona de Salto Grande, es evidente que las condiciones más desfavorables en cuanto a la permeabilidad, ocurrirán inmediatamente aguas arriba de la presa, es decir, en la parte comprendida entre la margen derecha del río Uruguay y el valle inferior del arroyo Gualaguaycito, donde la dorsal que separa ambos valles se estrecha notablemente.

*Se recomienda, por lo tanto, realizar ensayos del grado de permeabilidad en estos depósitos, in situ, preferentemente en la dorsal anteriormente citada.*

#### d) Pampeano.

Los sedimentos del Pampeano tienen muy escaso desarrollo en el área del embalse, presentándose en pequeñas zonas aisladas.

En cuanto a su espesor, geológicamente despreciable, no es posible suministrar datos concretos por falta de elementos de juicio, pero en ningún caso en la zona que interesa, ha de alcanzar el máximo de una docena de metros.

Por otra parte, su carácter litológico, definido por limos arcillosos con escaso contenido de arena fina y ocasionales arenas margosas, de coloración pardo-rojiza con poca variación de tono, representa un factor favorable en lo referente a la permeabilidad del vaso, aunque, dada su posición, no tendrá ninguna influencia.

#### e) Depósitos cuaternarios.

De los depósitos cuaternarios solamente interesa considerar: los muy arenosos que se encuentran en la margen derecha del río Uruguay, aproximadamente, entre los arroyos Mandisoví y Santa Ana; y los que cubren el valle inferior de los arroyos Mandisoví y de los ríos Mocoretá y Arapey.

La razón de la exclusión de los demás representantes del Cuaternario se debe a que de ellos, algunos se hallan en cotas superiores al espejo del

lago a formarse, y otros por su posición y representación no tienen ninguna influencia en el problema que nos ocupa.

Los sedimentos que hemos designado como muy arenosos, cuya ubicación ya fué definida, constituyen acumulaciones localizadas, con un espesor máximo aproximado del orden de 15 metros, en el talud de la margen derecha del río Uruguay. En los otros lugares en que aparecen, sus espesores son muy inferiores al citado, y a pesar de no disponer de elementos de juicio concretos, es posible, en base a las observaciones realizadas, admitir 3 metros como espesor máximo.

Litológicamente son acumulaciones arenosas o de arenas de grano medio, silíceas, prácticamente sin consolidar, que incluyen algunas formas lenticulares de arenas muy finas y muy arcillosas algo estratificadas en capas muy delgadas, de coloración gris verdosa clara y elementos de formas y tamaños irregulares y variados de arcillas, de coloración gris verdosa pálida, que se distribuyen irregularmente en la masa de la arena. Además y ocasionalmente presentan algunas concreciones ferruginosas.

En su conjunto tienen estratificación entrecruzada, especialmente las que aparecen en la margen derecha del río Uruguay.

Desde el punto de vista tecnológico, este complejo, de acuerdo a sus caracteres, debe considerarse completamente permeable. Por lo tanto, la superficie del vaso en la parte formada por este material, ofrecerá una fácil vía de escape a las aguas del embalse. Sin embargo, si bien representa una pérdida de agua, dado su carácter local y su ubicación, es lógico admitir que por lo menos una buena cantidad de la misma vuelva nuevamente al lago a través de los depósitos, en la entrada que aquél ha de tener en el valle del arroyo Sauce.

Finalmente corresponde considerar los depósitos cuaternarios que cubren la parte inferior de los valles de los ríos Arapey y Mocoretá y del arroyo Mandisoví Grande.

Los del río Arapey, además de que todo hace suponer que son de muy reducido espesor, no deben tomarse en consideración, ya que asientan sobre el conjunto impermeable de la formación eruptiva.

Los del Mocoretá tampoco deben ser considerados en vista de que la extensión del lago correspondiente a su valle no ha de extenderse mucho fuera del amplio lecho actual del río, al cual en la parte que interesa está constituido por bañados, que revelan su naturaleza impermeable. Además, la carga de agua en esa zona será muy pequeña, no influyendo, por lo tanto, en las condiciones de impermeabilidad de aquel lecho.

Por último, los depósitos cuaternarios que aparecen en el valle del Mandisoví, a la altura del cruce de la Ruta 14, se caracterizan por ser limos arenosos ligeramente arcillosos, con escasa proporción de sustancias carbonatadas que originan en la superficie ásperas concreciones margosas de tamaño pequeño.

Estos depósitos forman la zona adyacente al arroyo mismo, a lo largo del cual se extiende una amplia faja de bañados que están indicando la impermeabilidad del subsuelo, la que por otra parte se deduce de las características litológicas descriptas.

A pesar de esta impermeabilidad, aparente por lo menos, sería preciso determinar el espesor de los sedimentos para considerar su comportamiento frente a la nueva carga, proveniente del lago proyectado. A este respecto nos remitimos a lo aconsejado en el capítulo de Geología General, referente a los sondeos ya indicados.

### 3. — ESTRUCTURA

De la descripción de los hechos observados, surge fácilmente la monotonía geológica general de la región.

Las formaciones poseen una suave pendiente hacia el oeste, comprobada por la posición de los depósitos hacia oriente y occidente del río Uruguay, la pendiente media de los ríos uruguayos cuyos valles se desarrollan exclusivamente en áreas basálticas (río Arapey), y los datos aportados por las perforaciones.

Para dar una idea de la suavidad de dicha inclinación, sin que esto deba tomarse como definitivo, anotaremos que la pendiente del techo en la formación de rocas basálticas medida entre su borde oriental y la perforación Arapey, sólo alcanza a 1,2 ‰, mientras que la del piso entre estos mismos sitios es del orden de 3,5 ‰. De estos datos, aunque escasos, se deduce el pequeño valor de la pendiente general de la formación, aun considerando la cifra de mayor valor.

Si bien la inclinación real debería darla la del piso de la formación (3,5 ‰), en nuestro caso la pendiente que interesa es la de su techo (1,2 ‰), ya que a ella corresponde la de los depósitos sedimentarios superiores, eventualmente permeables.

Es así, pues, que las formaciones que aparecen en nuestra región, se caracterizan por presentar una suave pendiente hacia occidente. No obstante, es posible admitir variaciones de orden local, que la modificarían en valores por el momento desconocidos, los cuales sin embargo no han de influir en la estructura regional.

En más de una oportunidad se ha sugerido la existencia de fallas en la región, relacionada la más importante con el curso del río Uruguay. Sin embargo, en base a los elementos de juicio categóricos que proporciona la geología de la región, su estructura y las perforaciones realizadas, debe descartarse en la zona la existencia de tales fallas y particularmente la del río Uruguay.

Dentro del simple panorama estructural que se acaba de esbozar, es posible la existencia de pequeñas irregularidades, completamente locales.

Tal ocurriría, dentro del área del embalse, en la margen derecha del río Uruguay entre los arroyos Mandisoví y Santa Ana, donde no es posible explicar completamente la posición de sedimen-

tos correspondientes, que en una pequeña distancia aparecen en niveles muy distintos. Allí, en la acentuada curva frente al Arapey, los sedimentos pliocénicos se encuentran aproximadamente en la cota 40, mientras que a la altura de la estancia de López, es decir a corta distancia al oeste, afloran en cota inferior a 25.

En el primero de estos puntos apoyan sobre los depósitos miocénicos, y en el segundo no es posible la observación del yacente porque aquéllos afloran junto al río. Esta circunstancia, unida al desnivel anotado, es la que hace presumir la posibilidad de un pequeño movimiento vertical producido por una falla, aunque tampoco es posible excluir que la aparente anormalidad haya sido producida por efectos de la erosión anterior a su deposición, sobre las rocas preexistentes.

Pero aun admitiendo la existencia de un pequeño accidente local, éste, por presentar tal carácter, no tendría influencia en la estructura regional ni en las condiciones generales de las características del vaso.

#### 4. — INFILTRACION

La infiltración del agua del futuro lago a través de las paredes de su vaso, constituidas por las distintas formaciones descriptas, dependerá del grado de permeabilidad de cada una de ellas y de la carga de agua que habrán de soportar.

Esbozaremos, por lo tanto, el proceso correspondiente a cada una de las formaciones.

Al considerar la formación de rocas basálticas constituida por zonas impermeables y por otras eventualmente permeables irregularmente distribuidas, se llegó a la conclusión de que formaban en conjunto un todo prácticamente impermeable, ya que por sus condiciones de aislamiento y limitación, las zonas permeables retienen el agua que les llega, sin permitirle pasar más adelante. Este hecho, demostrado por la presencia de agua, a veces a presión, en la parte porosa de algunos escoriales, da idea de cómo puede realizarse el mecanismo de la infiltración a través de su conjunto.

Los depósitos miocénicos, a causa de su heterogénea constitución granulométrica, pueden originar dentro de su propio conjunto, zonas irregularmente dispuestas y eventualmente permeables, en las cuales es posible encontrar aguas confinadas de reducido caudal.

Los sedimentos del Plioceno, de acuerdo con los caracteres de conjunto descriptos precedentemente, han sido considerados variablemente permeables.

Evidentemente, de todas las formaciones, ésta es la que ha de ofrecer comparativamente menor resistencia a la infiltración.

En lo que se refiere a los sedimentos cuaternarios ya han sido consideradas sus condiciones de permeabilidad; sólo en el caso de arenas localizadas en la margen derecha del río Uruguay es posible deducir una fácil infiltración.

En lo que respecta a los demás sedimentos del

Cuaternario, los conocimientos disponibles son insuficientes, y aunque es preciso no olvidar que la presencia de bañados da una idea de la escasa infiltración que puede ocurrir a través de aquéllos, para juzgar en definitiva su comportamiento general será preciso la obtención de los elementos de juicio que proporcionen las perforaciones aconsejadas en la zona correspondiente.

#### 5. — POSIBILIDADES DE PERDIDA POR FILTRACION

Las pérdidas de agua por filtración a través de las paredes del vaso dependerán fundamentalmente; del grado de permeabilidad, de la inclinación, y de la carga de agua que actúe sobre cada una de las formaciones que las constituyen.

Además de estos factores, es preciso considerar la intervención que pueden tener las aguas del subsuelo. Si éstas se encontrasen confinadas en niveles inferiores del lecho del río, no tendrán ninguna influencia; en cambio, si fueran parcialmente confinadas, debido a que el techo de la roca permita en parte el pasaje del agua, su comportamiento variará según la presión del agua en la misma. En efecto, si ésta es mayor que la determinada por la carga del lago, contribuirá con sus aportes a su alimentación; en caso contrario, permitirá un escape del agua del lago hacia la capa, que en nuestro caso —de acuerdo con las características apuntadas con respecto a la formación de rocas basálticas— quedará limitado a la imbibición de las zonas permeables.

En los casos en que las aguas subterráneas afloran al nivel de las zonas permeables del vaso, pueden presentarse dos alternativas: que el nivel piezométrico sea superior o inferior al nivel del espejo del lago. En el primer caso las aguas subterráneas constituirán un aporte para el lago. En el segundo caso se producirá una pérdida eventual, siempre que la diferencia de presiones entre el nivel piezométrico y el espejo del lago sea suficiente para desplazar la masa de agua de la capa.

Concretando y en vista a las consideraciones que se acaban de exponer, las pérdidas serán limitadas. En algunos casos las aguas subterráneas no originarán pérdidas, sino que por el contrario contribuirán a alimentar el embalse. De lo ya expresado puede inferirse pues que las mermas relacionadas con la existencia de aguas subterráneas no han de influir mayormente en las pérdidas totales de agua.

A continuación vamos a considerar las zonas del vaso en las cuales, por sus características, pueden producirse filtraciones.

En primer término es conveniente separar las partes del embalse proyectado que se encuentran hacia oriente y occidente del río Uruguay respectivamente, ya que ambas ofrecen distintas posibilidades en cuanto a su comportamiento general.

En la parte oriental (lado uruguayo), a causa de la distribución, posición e inclinación de las formaciones geológicas y considerando que el sub-

suelo más o menos inmediato está constituido por el complejo de rocas basálticas, impermeables en su conjunto, no se van a producir pérdidas por fugas de agua del embalse; antes bien, y especialmente en lo que se refiere a las aguas subterráneas suprabasálticas, éstas se sumarán al caudal del lago.

En la parte occidental (lado argentino) las cosas ocurren de distinta manera, a consecuencia principalmente de la leve inclinación general estructural de la región y de que en partes, las paredes del vaso están constituidas por depósitos permeables. En ellas hemos separado tres tramos de posible distinto comportamiento.

El primero, o sea la parte septentrional del lago hasta frente a la isla Gaspar, puede excluirse, pues el embalse bañará allí rocas de la formación eruptiva.

En el tramo medio, comprendido entre la isla Gaspar y la brusca curva del río Uruguay frente al río Arapey, las paredes del embalse están constituidas principalmente por los depósitos miocénicos cuyas características, por su constitución, se estiman en general favorables en cuanto a la permeabilidad. Sin embargo será preciso determinar su grado por ensayos *in situ*. En vista de esta inseguridad, se puede admitir, en principio, que ha de producirse una pérdida de volumen no determinable por el momento; también puede afirmarse, como resultado del conocimiento general de esta formación y de las consideraciones ya expresadas en el presente informe y fundadas en hechos observados, que tales pérdidas no han de alcanzar proporciones de importancia.

En el tercer tramo, que se extiende desde frente a la desembocadura del río Arapey, hacia el sur, consideraremos la pérdida a través de los depósitos cuaternarios muy permeables, que aparecen relacionados con la margen derecha del río, al norte de la desembocadura del arroyo Mandisoví. Según se ha indicado en el capítulo anterior, si bien se producirá por allí un escape real, la posición de estos depósitos permitirá su recuperación parcial por el embalse.

Es precisamente hacia el sur del arroyo Mandisoví donde se van a producir pérdidas de agua a causa de las filtraciones a través de los depósitos permeables pliocénicos, que según se ha indicado constituyen parcialmente y a cotas variables las paredes del vaso.

De la misma manera que en el caso de los depósitos miocénicos y cuaternarios, no puede determinarse el volumen de las pérdidas en este tercer tramo, sin disponer antes de los datos a obtenerse de los ensayos de permeabilidad recomendados. Sin embargo es posible concebirla, en base de los factores fundamentales a considerar: permeabilidad no uniforme de los depósitos, discontinuidad en su espesor y longitud, y posible colmatación de los sedimentos.

Dentro de este tercer tramo, y siempre que se fije el emplazamiento de la presa en alguno de los perfiles sugeridos en la zona de Salto Grande, el problema de la filtración ha de tener cierta significación en cierto modo particular, en la dorsal o "cuchilla" que separa la cuenca del río Uruguay de la de su afluente el arroyo Gualeguaycito. En efecto, la retención lateral del embalse en esa zona está naturalmente realizada por esa "cuchilla", de anchura muy limitada y constituida además parcialmente, en cotas inferiores al espejo del lago, por sedimentos permeables pliocénicos.

Esa angosta "cuchilla" será un punto débil no sólo por las pérdidas a través de su cuerpo, sino también por las que eventualmente pueden producirse en relación con la capa freática. Con el objeto de establecer el comportamiento de ésta, y para conocer el piso en que asienta y su inclinación, a fin de estudiarla y obtener información más concreta, en cuanto a la permeabilidad de los terrenos superiores y para determinar en el lugar la manera de reducirla o evitarla, es recomendable *realizar aquí los ensayos*. Estos ensayos deberán apoyarse en una o más series de perforaciones que permitan trazar perfiles entre el río Uruguay y el "talweg" del arroyo Gualeguaycito.

## CARACTERISTICAS ESPECIALES DE CADA LUGAR

Como en el capítulo sobre la geología regional se dieron a conocer las características litológicas de las formaciones que afloran en el sector estudiado, no insistiremos sobre lo mismo. Sin embargo, es necesario agregar algunos datos aportados por las perforaciones efectuadas en ambas márgenes del río Uruguay, y dar a conocer los lugares de afloramiento de las distintas formaciones.

### a) SALTO GRANDE.

*Basalto* (ver mapa geológico N° 2 y láminas 2, 3, 4 y 5).

Del lado argentino se halla expuesto en afloramientos discontinuos entre sí en cotas inferiores a 20. De norte a sur puede ser observado en: donde el alambrado que circunda la zona Salto Grande corta a la cota 18; en la primera cañada al sur de este punto en las cotas 14 a 16,5; en el cerro Grande entre las cotas 16 y 10 (este afloramiento se prolonga hacia el norte hasta la cañada antes mencionada y un poco al sur de la escala Cerro Grande continúa hacia el río, disminuyendo su cota por debajo de 10); en un pequeño cerrito donde se encuentra el mojón 38 entre las cotas 20 y 17; en el cerro El Tigre entre cota 20 y menores a 10, pues continúa en el lecho del río (este afloramiento se prolonga hacia el norte, por unos 250 m, siguiendo la ribera del río por debajo de la cota 10 y también entre cotas 18 y 16. Hacia el sur continúa entre las cotas 19 y 17 y por debajo de 10 hasta la primera cañada al sur del cerro El Tigre); al sur de este sitio solamente se observan pequeños y discontinuos afloramientos de basalto en cotas 19, 18, 17 y 16. El afloramiento más meridional de la zona Salto Grande se encuentra en el valle del río Gualeguaycito, en su desembocadura en el río Uruguay.

Estos afloramientos están formados por una roca de color gris y pardusco, con disyunción estratiforme que la divide en lajas delgadas. En muchos casos presenta pequeñas cavidades, adquiriendo la roca aspecto esponjoso, aunque sin perder por ello su compacidad; en otros casos suele presentar pequeñas oquedades rellenas por un material verde, que es clorita, e intercalaciones de lentes de arenisca de color rojo, duras, en ocasiones bien estratificadas. La arenisca es de grano fino y a veces con aspecto amigdaloidal por inclusión de fragmentos pequeños e irregulares de basalto en general esponjoso.

Las perforaciones realizadas en Salto Grande no dieron a conocer en ningún caso, basalto con disyunción estratiforme, y más aún, en la que apareció basalto con fisuras, éstas se hallan soldadas por venas de calcita.

Es de notar que las perforaciones demuestran que el techo del basalto tiene una suave inclinación hacia el sursuroeste.

En territorio uruguayo los afloramientos de esta roca alcanzan cotas superiores a las que hemos observado del lado argentino.

El basalto aflora en la ribera del río Uruguay, frente al Parador Quiroga, entre las cotas 13 y 10; por arriba de la cota 15, en el camino que va del río al Parador y en la primera cañada al sur del Parador desde la cota 15 hasta pasar la de 21; en la cañada El Durazno entre las cotas 24 y 20, alcanzando la de 15 en las proximidades del río Uruguay; un poco más al sur se observan dos reducidos afloramientos en una pequeña cañada entre las cotas 14 y 13; en la cañada situada entre la señal Salto Grande y el punto B, existen algunos afloramientos entre las cotas 34-33 y 29-28.

Estos afloramientos están constituidos por basalto de color pardo rojizo, compacto, con muy escasas y pequeñas oquedades rellenas por calcita e intercalando lentes de arenisca roja muy dura.

### *Depósitos Miocénicos.*

Afloran en territorio argentino, prácticamente de manera continua entre el C° Grande y el arroyo Gualeguaycito.

En las proximidades del C° Grande afloran entre las cotas 25 y 16, y a medida que los seguimos hacia el sur, entre este cerro y el cerro El Tigre, aparecen entre las cotas 29 y 20; en las inmediaciones del C° El Tigre se les observa entre las cotas 27 y 20; de aquí hasta el Gualeguaycito afloran entre las cotas 24 y 16.

Las perforaciones realizadas hallaron siempre las rocas de esta formación, cuya inclinación subhorizontal está determinada por la inclinación de la serie eruptiva de Serra Geral.

Los Depósitos Miocénicos no afloran en territorio uruguayo dentro de los límites de la zona Salto Grande, pero su presencia ha sido comprobada en las perforaciones 467/2 (cota 29,65) y 467/1 (cota 36), a 10 y 14 metros aproximadamente desde la superficie del suelo, respectivamente.

*Plioceno.* *Ayui*

El Plioceno, en territorio argentino se presenta en pequeños y discontinuos afloramientos, siempre más arriba de la cota 25; en la misma forma aparece en el lado uruguayo, aunque en general sobrepasando la cota 35.

Tanto los Depósitos Miocénicos, como el Plioceno, así como los sedimentos más modernos, no tienen ninguna importancia en lo que se refiere a la fundación de la obra, puesto que ésta debe asentarse en la formación de rocas basálticas o eruptivas de Serra Geral.

b) **AYUI GRANDE.**

*Basalto* (ver mapa N° 3 y láminas 6, 7, 8, 9 y 10).

No hay afloramiento de esta roca en territorio argentino, dentro de los límites de la zona. El más cercano se encuentra al norte, en un lugar llamado Barranca Pelada, algo al sur del chalet Soler.

Las perforaciones realizadas allí comprobaron la presencia de basaltos aproximadamente a 19, 15,70, 7,35, 8,40, 28,80 y 9,65 m en los pozos IV (cota 34,54), III (cota 27,83), II (cota 17,84) y I (cota 14,35) sobre perfil MN-PL, y VI (cota 29,77) y V (cota 14,92) sobre perfil 1250, respectivamente. Esta roca, de color pardo rojizo, grisáceo y pardo oscuro (verdoso), si bien algo alterada en los primeros metros de las perforaciones V, IV, III y II, en general se encuentra en buen estado de conservación; además es compacta y asciende levemente hacia el oeste.

En territorio uruguayo no sucede lo mismo, pues los afloramientos de basalto pueden ser observados en casi todo el largo de la zona.

De norte a sur afloran en: la primera cañada entre las cotas 22 y 19; a unos 500 m al sur de este lugar entre las cotas 24 y 22, y por último en la barranca situada frente a la desembocadura del arroyo Ayuí Grande, entre las cotas 22 y 15 continuando al sur por debajo de la cota 10.

En los alrededores del resguardo Suárez el basalto es de coloración pardo-rojiza a rojiza, regularmente compacto, de aspecto amigdaloides, con amígdulas a menudo rellenas por calcita e intercalando lentes de arenisca roja dura. Hacia el sur, frente a la desembocadura del A° Ayuí Grande, es de color rojizo, bastante alterado, con leptoclasas rellenas secundariamente por calcita que también rellena oquedades, originando geodas incluidas en la masa basáltica. Este último afloramiento se presenta al sur del perfil Ayuí Grande, donde las perforaciones hallaron basalto aproximadamente a 17, 9,50, 6 y 21 metros en los pozos 432/2 (cota 13,60), 432/3 (cota 12,30), 432/4 (cota 12,94), y 432/7 (cota 28,81), respectivamente. En los pozos 432/5 (cota 28,70) y 432/6 (cota 33,86) que llegan a 36 y 38 m de profundidad, el basalto atravesado es de regular calidad.

*Depósitos Miocénicos.* *Ayui*

En territorio argentino no afloran dentro de los límites de la zona y su presencia se comprobó por medio de las perforaciones VI y V, que lo tocaron a 14,45 y 4,30 metros, respectivamente, desde la superficie del suelo.

Por el contrario, en territorio uruguayo, los Depósitos Miocénicos afloran y se les observa en cotas inferiores a 25. Frente a la escala del río P400 existen 3 afloramientos entre las cotas 25 y 23, y en las cercanías del Resguardo Suárez, al norte y al sur, hay otros 3, siempre limitados por las mismas cotas.

En las perforaciones según el perfil MN-PL, solamente se hallaron estos depósitos aproximadamente a 11 y 8 metros en los pozos 432/6 y 432/7, respectivamente.

*Plioceno.* *Ayui*

Tampoco aflora, pero su existencia fué comprobada por las perforaciones; mientras que en las números II y I posee poco espesor y se reduce a arenas parcialmente cementadas con rodados silíceos conglomerado, en las números IV y III alcanza 18 y 14 m de espesor y se le agrega un nuevo elemento litológico: limo arcilloso de color gris verde pálido con algunas manchas de limonita, o pardo rojizo claro. En las perforaciones III y IV tienen 14 y 4 metros de espesor, respectivamente.

En territorio uruguayo aflora en forma discontinua por sobre la cota 23.

En cuanto a los Sedimentos Pampeanos que afloran en la margen derecha del río, nos remitimos a lo expresado en el informe geológico regional (págs. 17 y 22).

c) **SALTO CHICO.**

*Basalto.* (Ver mapa N° 4 y láminas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18).

No existen afloramientos de basalto del lado argentino, salvo los que se hallan en el lecho del río formando el denominado Salto Chico. Su presencia mediante perforaciones se comprobó aproximadamente: 38, 26, 65 y 12 metros en las números VIII (cota 31), VII (cota 21,85) y VI (cota 12,63), respectivamente, sobre perfil M37-M38, Salto Chico Arriba y a 39,40, 28, 9,90, 6,95 y 7 metros en las perforaciones V (cota 29,24), IV (cota 17,70), I (cota 2,52), II (cota 2,22) y III (cota 1,04), respectivamente, sobre perfil Salto Chico Abajo:

En las perforaciones VIII, VII y VI se halla basalto compacto a los 38, 29 y 12 metros de profundidad y en las IV, I, II y III a 35, 19,60, 17 y 11,45 metros desde la superficie del suelo. En la V está siempre algo alterado, mientras que en el perfil Salto Chico Arriba desciende hacia el oeste en el Salto Chico Abajo lo hace hasta la perforación IV y luego asciende muy suavemente.

En el lado uruguayo sólo pudo observarse un limitado afloramiento de basalto, en la calle que

*W. Lambert*

pasa por el monumento a Garibaldi y a oriente de éste, por debajo de la cota 25. También puede aflorar en la barranca del río frente a la casa de Aguas Corrientes de Salto, pero, impidió comprobarlo la circunstancia de hallarse el río muy crecido cuando se efectuó este trabajo.

Los sondeos realizados en el perfil Salto Chico Arriba hallaron basalto compacto a 5,50, 14,10 y 20 metros de profundidad en las perforaciones P 412 (cota 14,98), P 475/2 (cota 18,80) y P 475/1 (cota 28,75), respectivamente. En el perfil Salto Chico Abajo a 9,70, 16, 4,71, 9,60, 14, 12,50, 20,40 y 24,10 metros de profundidad en las perforaciones P 489/4 (cota 0,20), P 484/3 (cota 1,62), P 489/2 (cota 1,56), P 484/1 (cota 2,88), P 474/3 (cota 13,47), P 489/5 (cota 16,10), P 489/6 (cota 22,46) y P 474/1 (cota 25,22).

*Depósitos Miocénicos.*

Afloran únicamente en un pronunciado talud de la margen del río, ligeramente aguas arriba de la ciudad de Concordia, en la cota 20.

En territorio uruguayo no afloran.

Fueron hallados en el perfil Salto Chico Arriba a 21,40 m y 16,85 m en las perforaciones VIII y VII del lado argentino y a 8 y 12,50 m en las P 475/2 y P 475/1 del lado uruguayo.

En el perfil Salto Chico Abajo a 17,36 y 7 m en las perforaciones V y IV del lado argentino y a 1 metro de profundidad en la P 489/6 del lado uruguayo.

*Plioceno.*

Aparece en pequeños y discontinuos afloramientos en ambas márgenes; pero mientras que en la Argentina son en general arenas parcialmente cementadas, en el Uruguay son areniscas silíceas de color caramelo y están siempre por arriba de la cota 20.

## CONCLUSIONES

Enfocado el problema geológico desde distintos puntos de vista, estamos ahora en condiciones de poder juzgar sobre las posibilidades de realización de la obra, en lo que respecta a dos puntos fundamentales: posibilidades de su fundación e impermeabilidad del vaso.

*Posibilidades de erección de la obra.*

1º — En base a las características generales de la formación eruptiva que ha de servirle de asiento y en lo tocante a su desarrollo regional y espesores;

2º — También en base a las características particulares de dicha formación eruptiva (a este respecto es preciso considerar que si bien un perfil determinado puede presentar zonas de alteración variable y aún elevada que ocasionalmente permitan eventuales fugas de agua, el problema, en este aspecto, puede reducirse a los casos de fundaciones con bajos coeficientes de carga, en los cuales, en general, será posible mejorar localmente las condiciones; sobre esta cuestión se juzgará en definitiva cuando se conozcan los elementos de juicio particulares que proporcionarán las perforaciones a realizarse en el perfil que definitivamente se elija);

3º — Finalmente, en base a la simplicidad de la estructura geológica regional, sin complicaciones tectónicas, especialmente en los lugares de probable emplazamiento de la obra.

*Es posible concluir que existen condiciones favorables para la erección de la presa.*

*Condiciones generales que presenta el vaso.*

De acuerdo con las consideraciones vertidas en

el transcurso de este informe, se llega, también en este aspecto, a la conclusión que las condiciones de retención de las aguas del embalse son:

Favorables en la parte oriental (lado uruguayo) y tramo septentrional de la parte occidental (lado argentino); en cuanto a los tramos medio e inferior de la parte occidental (lado argentino), se han de producir pérdidas de agua, especialmente en el inferior, desde el arroyo Mandisoví hacia el sur, las que estimamos de influencia relativa, pero sobre cuyo volumen sólo se podrá juzgar en definitiva con los elementos de juicio que se obtengan por las perforaciones y ensayos recomendados, y que a continuación se recuerdan:

*Tres perforaciones en el valle del arroyo Mandisoví Grande: una a la altura de la Ruta 14; una aguas abajo de la Ruta 14, y la tercera aguas arriba de la misma.*

*Una perforación en la margen izquierda del río Uruguay, frente a la desembocadura del arroyo Mandisoví.*

*Perforaciones alineadas en uno o más perfiles entre el río Uruguay y el "talweg" del arroyo Gualguaycito (tramo inferior).*

*Ensayos de permeabilidad en los Depósitos Miocénicos, in situ.*

*Ensayos de permeabilidad en los Depósitos Pliocénicos, a realizarse en la "cuchilla" que separa la cuenca del río Uruguay de su afluente el arroyo Gualguaycito.*

*Del balance de las conclusiones en los distintos aspectos considerados, no aparecen condiciones desfavorables que puedan impedir la realización de la obra o dificultarla.*

## RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LOS PASOS CORRALITO Y HERVIDERO

*Introducción.*

Con el objeto de reconocer geológicamente las zonas de los pasos Corralito y Hervidero, al sur de Concordia, para considerar las posibilidades de emplazamiento de una pequeña presa niveladora, se visitó la región entre los días 14 y 24 de julio de 1958. Durante ese lapso hubo oportunidad de volver a los pasos citados en compañía del Ing. Duhart y en una recorrida en suelo uruguayo en Paso Hervidero, con los ingenieros Duhart y Mon.

El trabajo consistió en un rápido reconocimiento de las barrancas del río Uruguay a lo largo de los pasos citados, comprendiendo en el caso de Paso Hervidero la revisión de la margen argentina entre Puerto Yeruá y unos 500 m aguas abajo de la desembocadura del A<sup>o</sup> Hervidero; del lado uruguayo de las barrancas frente a estancia Hervidero y hasta unos 1000 m al norte del establecimiento citado.

Como resultado se efectuó un mapeo generalizado y aproximado de las formaciones aflorantes, dado que la escala del mapa topográfico (1:50.000) no resulta adecuada para representar las condiciones geológicas que dominan la región.

Se cree conveniente agradecer la colaboración prestada por la jefatura de la Prefectura de Concordia, que facilitó las tareas poniendo a disposición del suscripto y de los ingenieros Duhart y Mon, una lancha y personal para el traslado y reconocimiento del río y margen uruguayo.

*Geología Regional.*

A pesar de los pocos afloramientos observados pudo establecerse que la geología regional coincide con la conocida en la zona del río Uruguay al norte de Concordia, con la variante que introducen la ausencia del calcáreo del Mioceno y la presencia de una nueva unidad litológica, a la que se le reconocerá con el nombre de Formación Pto. Yeruá (Ver plano N<sup>o</sup> 5).

Esta formación, que en la zona considerada apoya en aparente discordancia erosiva sobre las Eruptivas de Serra Geral, y que aparece por debajo de los sedimentos "incoherentes" del Plioceno, resulta de posición cronológica no determinable con los datos que pudieron obtenerse en el área reconocida.

Para explicar su posición pueden establecerse 3 premisas, a saber: 1) podría corresponderse con las areniscas rojas encontradas en las perforaciones IV, V y XI de Salto Chico en posición intermedia entre el basalto y el calcáreo del Mioceno y que se suponían como de edad cretácica; 2) podría constituir un conjunto de sedimentos que engranan con los calcáreos citados; es decir, que representan el reemplazo lateral hacia el sur de aquéllos y por lo tanto serían de la misma edad y 3) podría ser una formación ubicada por arriba del Mioceno de edad más moderna.

Lo cierto es que no se han visto evidencias que permitan confirmar o negar cualquiera de las suposiciones enumeradas, aunque se recuerda que para los fines del trabajo a considerar sólo interesa su composición litológica, su posición y sus características estructurales, en especial, la presencia y abertura o no de las diaclasas y de los planos de estratificación.

Al igual que el de otras formaciones, los sedimentos de ésta se hallan horizontales o subhorizontales.

No se insiste sobre las características regionales del basalto y de los sedimentos del Plioceno pues ellas ya son bien conocidas.

CONDICIONES PARTICULARES DE LOS PASOS  
CORRALITO Y HERVIDERO

*Paso Corralito.* Escala 2,20 al 16/7/58 y 2,10 al 21/7/58.

En el río, si bien no se ha visto ningún afloramiento, la presencia de rocas puede suponerse por el movimiento del agua y por lo que expresa el mapa del Ministerio de Obras Públicas.

En tierra firme no se ven afloramientos de rocas basálticas, miocénicas y pliocénicas. Sólo afloran sedimentos cuaternarios constituídos principalmente por limos más o menos arcillosos, que hacia el río se hacen algo arenosos. Al pie de la barranca y hacia el río aparece un manto de cantos rodados en general grueso, que varían entre  $\frac{1}{2}$  y 10 cm de diámetro, con un ancho visible de 40 m y un largo aproximado de 2 km. Si bien su espesor no es conocido, este banco puede resultar de utilidad en caso de necesidad por su proximidad, vía fluvial, a la ubicación de la presa principal.

Por lo expresado se desprende que no existen condiciones favorables para la construcción de una presa que resulte económica, pues habría necesidad de construir y consolidar estribos, aparte de ser de apreciable longitud.

*Conclusión.* No se recomienda tener en cuenta esta solución para la construcción de una presa de nivelación.

En cambio se recomienda, en caso de necesidad y siempre que se considere de explotación económica, el estudio y cubicación del manto de cantos rodados que aflora en Corralito.

#### *Paso Hervidero.*

En esta zona, desde el punto de vista geológico, las cosas se presentan en forma distinta que en Paso Corralito. Las formaciones aflorantes son de mayor a menor edad: Eruptiva de Serra Geral, Formación Puerto Yeruá, Plioceno y Cuaternario.

*Eruptivas de Serra Geral.* En el río sus afloramientos aparecen desde la altura del arroyo que desagua la parte sur del pueblo Yeruá hasta algo más abajo de la estancia Hervidero. Del lado argentino se ven dos afloramientos situados al norte y al sur del arroyo Hervidero. El del norte está en relación con la zona de playa del río, en cota aproximada 2, desde un poco aguas abajo de la altura de la casa de Graceville hasta 300 m aguas arriba de la desembocadura del arroyo Hervidero con una longitud aproximada de 500 metros.

El del sur que aflora también en zona de playa desde unos 150 m al sur del A<sup>o</sup> Hervidero, se extiende por unos 800 m prolongándose hacia el río por medio de un largo "murallón" paralelo a la ribera y hacia tierra hasta cota aproximada 7 u 8.

La roca dura y compacta en partes algo alveolar, presenta diaclasas de rumbo principal NS y EW, en general cerradas por arenisca de grano fino color rosada, dura y compacta que en el "murallón" del río puede alcanzar hasta más de 30 cm de espesor y que presenta la particularidad de un recorrido norte-sur, este-oeste, norte-sur, etc., continuo, variando el rumbo en esa forma en pocos metros.

En el afloramiento que alcanza la cota 7 u 8 la roca tiene alteración superficial y, además de las diaclasas NS y EW, presenta algunas levemente curvadas y disyunción esferoidal.

Del lado uruguayo los afloramientos de basalto son casi continuos a lo largo del río, entre estancia Hervidero y unos 3 km al norte de la misma. A la altura de la primera loma al N de estancia Hervidero, el basalto alcanza la cota de aproximadamente 25 o un poco más. Este afloramiento que es de roca dura y compacta, en parte con alveolos, presenta zonas de alteración avanzada (Basalto VI), principalmente en el tercio superior de la barranca a cota aproximada 18.

*Formación de Puerto Yeruá.*<sup>(1)</sup> Sus afloramientos aparecen sólo fuera del río. Del lado argentino constituyen prácticamente un sólo afloramiento, aunque visible en forma esporádica desde Puerto Yeruá hasta el A<sup>o</sup> Hervidero, dando lugar a la escarpada barranca que caracteriza esa zona. Su base muy poco al sur del desembarcadero llega al río, pero en general debe oscilar alrededor de cotas 3 ó 4; su techo alcanza la cota de algo más de 20 metros.

En Puerto Yeruá existe un hermoso afloramiento en el corte del camino de acceso al embarcadero, que aparece entre cota 6 y 20 aproximadamente. Está constituido por una arenisca compacta color rosada de grano fino a medio, estratificada en bancos de hasta 30 cm de ancho, notándose en algunos casos estratificación entrecruzada; aproximadamente en cota 18 intercala un banco de 30 cm de espesor de material más blando, representado por una arenisca más friable y sedimentos bastante arcillosos de color blanco.

La arenisca rosada, en su tercio superior presenta zonas pequeñas con enriquecimiento silíceo, de color más rojizo, que se destacan perfectamente en el conjunto y que constituyen una roca típicamente cuarcítica.

El sedimento se halla muy diaclasado, factor éste que unido a los planos de estratificación divide a la roca en pequeños bloques. Sin embargo, las diaclasas presentes no deben ser tomadas muy en cuenta por cuanto en la construcción del camino se debe haber utilizado algún explosivo, el que en definitiva pudo originar las rajaduras presentes, por lo menos en buena proporción.

Del lado uruguayo, los afloramientos de la Formación Puerto Yeruá aparecen en los alrededores de la estancia Hervidero por arriba de cota 25. Hacia el sur constituye un gran afloramiento en la zona de la meseta Artigas, donde forma taludes verticales contra el río.

*Plioceno.* Dada su posición, por arriba de cota 20, y sus características litológicas ya bien conocidas, no se insiste aquí sobre las condiciones generales del mismo.

*Conclusión.* De acuerdo a las características geológicas generales reconocidas en la zona de Paso Hervidero, existen buenas condiciones de fundación en dos lugares situados aguas arriba y abajo respectivamente de la desembocadura del A<sup>o</sup> Hervidero y que se denominarán perfiles N<sup>o</sup> 1 y N<sup>o</sup> 2.

El perfil N<sup>o</sup> 1 va de la primera loma al sur de la casa de Graceville a la que lleva el Mojón 10 bis de M.O.P., en suelo uruguayo. El perfil N<sup>o</sup> 2 desde el campo donde los basaltos alcanzan la cota 7 u 8, lado argentino, a la loma de la estancia Hervidero.

Se considera más adecuado el perfil N<sup>o</sup> 1 dado que resulta más angosto y la presa puede levantarse apoyando los extremos en las rocas de la Formación Puerto Yeruá y basalto en margen

(1) En la República Oriental del Uruguay son considerados de edad Cretácica.

argentina y uruguayana respectivamente, sin necesidad de construir estribos o defensas laterales, en contra de la mayor longitud del perfil N° 2. En este último, de acuerdo con la cota a que debe elevarse el diente, hay que estudiar si existe la necesidad de construir o no cierres laterales del lado argentino.

No obstante, se considera necesario que los ingenieros, que conocen más las características del dique compensador y las condiciones requeridas para su construcción, estudien ambas soluciones y decidan entonces por la más conveniente.

#### *Recomendación.*

Con el fin de conocer las características litológicas y condiciones estructurales de las rocas en

los dos perfiles considerados, se recomienda efectuar dos perforaciones en cada uno de ellos: en el perfil N° 1, una perforación en cota 22 y otra en cota 8; en el perfil N° 2, una en cota 18 y otra en cota 8. En todas las perforaciones se sacarán testigos, se penetrará 10 m en el basalto y se obtendrá la cota de la boca del pozo.

Por el momento no se recomienda un plan de perforaciones en el río hasta tanto no se decida sobre la conveniencia o no de construir en Paso Hervidero una presa de compensación. No obstante puede realizarse una perforación en el perfil 1, a uno 250 m del lado argentino, con el fin de conocer el tipo de basalto que aflora en el río.

Se agregan a continuación las perforaciones con su clasificación escueta, que no fueron consideradas en las planillas correspondientes.

**SALTO GRANDE** — (Lado argentino)

**Perforación XII** — Cota, 38,08 m<sup>(1)</sup>.

Ubicación. A 2 m de la línea de edificación del Campamento Salto Grande y 233 m del VI al oeste.

- de 0,00 a 1,25 m — Tierra vegetal con rodados.
  - de 1,25 a 1,80 m — Cantos rodados cementados.
  - de 1,80 a 2,10 m — Arena.
  - de 2,10 a 3,20 m — Rodados cementados.
  - de 3,20 a 5,30 m —
  - de 5,30 a 6,45 m — Arenisca poco consistente.
  - de 6,45 a 12,10 m — Arenisca algo arcillosa, gris verde, con algunos rodados.
  - de 12,10 a 22,80 m — Depósitos Miocénicos.
  - de 22,80 a 28,00 m — Basalto fisurado con venas de calcita.
  - de 28,00 a 30,60 m — Igual.
  - de 30,60 a 30,90 m — Basalto poroso compacto.
  - de 30,90 a 31,10 m — Arenisca.
  - de 31,10 a 38,80 m — Arenisca rojiza con basalto; hacia abajo basalto. El conjunto es compacto.
  - de 38,80 a 46,00 m — Basalto compacto.
- Sigue hasta 71 metros en basalto compacto.

**Perforación X** — Cota 35,27.

Ubicación. Sobre perfil VI-S, a 48,70 m de VI al E.

- de 0,00 a 0,60 m — Rodados.
- de 0,60 a 1,35 m — Arena.
- de 1,35 a 2,60 m — Rodados parcialmente cementados.
- de 2,60 a 3,60 m — Arena parcialmente cementada.
- de 3,60 a 8,90 m — Arena arcillosa algo cementada.
- de 8,90 a 17,40 m — Depósitos Miocénicos ("Calcáreo").
- de 17,40 a 20,00 m — "Calcáreo" con trozos de basalto.
- de 20,00 a 26,20 m — Basalto compacto.
- de 26,20 a 26,50 m — Arenisca.
- de 26,50 a 26,80 m — Basalto compacto.
- de 26,80 a 29,05 m — Basalto poroso.
- de 29,05 a 31,10 m — Basalto compacto.
- de 31,10 a 34,50 m — Basalto poroso (capa de agua).
- de 34,50 a 42,00 m — Basalto compacto con "ojos" y venas de calcita.

**Perforación XI** — Cota 30,37 m.

Ubicación. Sobre perfil VI-S, a 154,80 m de VI al E.

- de 0,00 a 0,20 m — Tierra vegetal con rodados.
- de 0,20 a 0,55 m — Limo arcilloso.
- de 0,55 a 3,30 m — Arenisca fina poco compacta.
- de 3,30 a 11,80 m — Depósitos Miocénicos ("Calcáreo").
- de 11,80 a 13,00 m — "Calcáreo" con trozos de basalto.
- de 13,00 a 22,10 m — Basalto compacto.
- de 22,10 a 23,00 m — Arenisca roja dura.
- de 23,00 a 26,00 m — Basalto poroso compacto.
- de 26,00 a 36,00 m — Basalto compacto.

(1) Todas las cotas están tomadas en la boca de la perforación y referidas al cero del Riachuelo.

**Perforación XVII** — Cota 25,44 m.

Ubicación. Sobre una línea que forma un ángulo de 194°06' con la línea VII-VI y a 547 metros de VII hacia el oeste.

- de 0,00 a 0,65 m — Tierra vegetal.
  - de 0,65 a 1,10 m — Limo arcilloso.
  - de 1,10 a 3,30 m — Limo arenoso gris verde.
  - de 3,30 a 16,10 m — "Calcáreo" fisurado (2m); sigue limo arenoso.
  - de 16,10 a 18,60 m — "Calcáreo" cavernoso con agua.
  - de 18,60 a 19,90 m — "Calcáreo" y arenisca.
  - de 19,90 a 20,20 m — Limo con basalto.
  - de 20,20 a 20,80 m — Arenisca.
  - de 20,80 a 21,85 m — "Calcáreo" con basalto.
- Basalto.

**Perforación XVI** — Cota 25,51 m.

Ubicación. Sobre la línea que forma un ángulo de 190°14' con la línea VII-VI y a 334,60 metros de VII hacia el oeste.

- de 0,00 a 0,35 m — Tierra vegetal.
  - de 0,35 a 0,75 m — Limo arcilloso.
  - de 0,75 a 1,70 m — Arenisca rojiza.
  - de 1,70 a 20,90 m — "Calcáreo" (capa de agua).
  - de 20,90 a 21,10 m — Arenisca verde rosada.
- Basalto.

**Perforación XIX** — Cota 35,72 m.

- de 0,00 a 0,80 m — Tierra vegetal con rodados.
- de 0,80 a 2,10 m — Rodados algo cementados.
- de 2,10 a 3,80 m — Arena parcialmente cementada.
- de 3,80 a 6,20 m — Arena con rodados.
- de 6,20 a 11,20 m — Arena arcillosa.
- de 11,20 a 18,35 m — "Calcáreo".

**Perforación XVIII** — Cota 33,52 m.

- de 0,00 a 1,90 m — Tierra vegetal con rodados.
  - de 1,90 a 2,60 m — Arena con rodados.
  - de 2,60 a 3,10 m — Arena.
  - de 3,10 a 8,10 m — Arena arcillosa.
  - de 8,10 a 19,25 m — "Calcáreo".
- Basalto.

**Perforación XX** — Cota 36,13 m.

- de 0,00 a 0,40 m — Tierra vegetal.
- de 0,40 a 1,70 m — Limo arenoso arcilloso.
- de 1,70 a 2,40 m — Arenisca poco cementada.
- de 2,40 a 5,05 m — Arena arcillosa, algo cementada.
- de 5,05 a 11,40 m — Arena arcillosa.
- de 11,40 a 23,40 m — "Calcáreo".
- de 23,40 a 25,10 m — Basalto.

**Perforación XXI** — Cota 36,09 m.

de 0,00 a 0,40 m — Tierra vegetal con rodados.  
 de 0,40 a 4,15 m — Arena parcialmente cementada.  
 de 4,15 a 7,80 m — Arena parcialmente cementada.  
 de 7,80 a 13,05 m — Arenisca arcillosa.  
 de 13,05 a 23,20 m — "Calcáreo".  
 de 23,20 a 24,25 m — Basalto.

**Perforación XXII** — Cota 36,01 m.

de 0,00 a 0,40 m — Tierra vegetal con rodados.  
 de 0,40 a 4,15 m — Arena parcialmente cementada.  
 de 4,15 a 7,80 m — Arena parcialmente cementada.  
 de 7,80 a 13,05 m — Arenisca arcillosa.  
 de 13,05 a 23,90 m — "Calcáreo".  
 de 23,90 a 25,15 m — Basalto.

**PERFORACIONES EN SALTO GRANDE** (Lado uruguayo).

Nº 419/1 0,50/1 — Basalto en fragmentos.  
 1/5 — Basalto e/disunción horizontal (en lajas).  
 5/8 — Basalto algo más compacto — e/disunción menos frecuente.  
 8/10 — Basalto más compacto, algo alterado.  
 10/13 — Id.  
 13/14 — Basalto amigdalóide rojizo.  
 14/18 — Basalto amigdalóide rojizo e/amígdulas rellenas.  
 18 — Sigue bastante compacto hasta 42.  
 42/47 — Basalto rojizo hasta 47 m.

Nº 419/2 0/3 — Tierra y luego fragmentos de basalto.  
 3/5,50 — Basalto e/fisuración horizontal.  
 5,50/7 — Basalto compacto.  
 7,50/11 — Basalto amigdalóide alterado.  
 11,50/13,50 — Basalto descompuesto rojizo, aunque compacto.  
 14/15 — Basalto e/disunción (testigo en fragmentos) de 15 en adelante bastante compacto hasta 37 m, luego, amigdalóide hasta 44,50.

**PERFORACIONES AYUI GRANDE** (Lado argentino).**Perforación VI** — Cota 29,77 m.

Ubicación. Sobre perfil 1250, línea normal a la determinada por M31 - M33 y a 1.200 metros de intersección hacia el oeste.

de 0,00 a 0,95 m — Tierra vegetal.  
 de 0,95 a 2,20 m — Arena arcillosa.  
 de 2,20 a 6,70 m — Arena muy fina.  
 de 6,70 a 8,90 m — Arena media a grueso.  
 de 8,90 a 9,50 m — Arena fina.  
 de 9,50 a 14,45 m — Arenisca arcillosa con manchas de limonita.  
 de 14,45 a 26,20 m — "Calcáreo".  
 de 26,20 a 28,80 m — "Calcáreo" con fragmentos de basalto.  
 de 28,80 a 30,85 m — Basalto en partes compacto, en partes alterado.  
 de 30,85 a 33,60 m — Basalto compacto.  
 de 33,60 a 34,50 m — Igual con venas de calcita.  
 de 34,50 a 35,00 m — Igual.  
 de 35,00 a 39,40 m — Basalto en general compacto.

**Perforación V** — Cota 1492 m.

Ubicación. Igual y a 400 metros de la intersección de ambas hacia el oeste.

de 0,00 a 0,45 m — Tierra vegetal.  
 de 0,45 a 0,61 m — Arena arcillosa.  
 de 0,61 a 2,80 m — Arena arcillosa con limonita.  
 de 2,80 a 4,30 m — Arena.  
 de 4,30 a 9,65 m — "Calcáreo".  
 de 9,65 a 10,55 m — Basalto muy alterado.  
 de 10,55 a 13,25 m — Basalto en partes compacto y en partes alterado.  
 de 13,25 a 13,90 m — Basalto alterado.  
 de 13,90 a 14,65 m — Basalto alterado.  
 de 14,65 a 15,20 m — Basalto alterado.  
 de 15,20 a 17,15 m — Basalto compacto, con partes muy alteradas.  
 de 17,15 a 29,65 m — Basalto compacto.

**PERFIL SALTO CHICO ABAJO** (Lado argentino).**Perforación I** — Cota 2,52 m.

Ubicación. a 137 metros de la intersección al este.

de 0,00 a 2,50 m — Agua.  
 de 2,50 a 5,20 m — Rodados.  
 de 5,20 a 9,50 m — Arenisca friable.  
 de 9,50 a 9,70 m — Arenisca dura.  
 de 9,70 a 9,90 m — "Calcáreo".  
 de 9,90 a 19,60 m — Basalto algo alterado.

**FUERA DE ZONAS DE POSIBLES CIERRES**  
**ARGENTINA****PERFORACION FEDERACION****Perforación I** — Cota 42,40 m.

Ubicación. En casa de Francois.

de 0,00 a 0,40 m — Tierra vegetal algo arenosa.  
 de 0,40 a 3,10 m — Limo.  
 de 3,10 a 5,10 m — Arena de grano medio.  
 de 5,10 a 11,50 m — Arena de grano grueso.  
 de 11,50 a 16,90 m — Arena de grano fino y homogéneo.  
 de 16,90 a 18,40 m — Arenisca algo arcillosa.  
 de 18,40 a 20,05 m — "Calcáreo".  
 de 20,05 a 25,90 m — Basalto con fisuras.  
 de 25,90 a 28,20 m — Basalto en parte poroso.  
 de 28,20 a 32,20 m — Basalto algo poroso.  
 de 32,20 a 40,75 m — Basalto muy fisurado y alterado (aquí comenzó a perderse completamente el agua de inyección).  
 de 40,75 a 48,65 m — Basalto alterado con pocas fisuras.  
 de 48,65 a 52,60 m — Basalto poroso.  
 de 52,60 a 67,50 m — Basalto compacto con fisuras.  
 de 67,50 a 69,50 m — Basalto algo poroso con algunas fisuras.  
 de 69,50 a 73,30 m — Basalto compacto, algo alterado.  
 de 73,30 a 76,60 m — Basalto poroso.  
 de 76,60 a 84,82 m — Basalto con algunas cavidades y fisuras.  
 de 84,82 a 100,10 m — Basalto compacto con algunas fisuras.

**PERFORACIONES MANDISOVI**

**Perforación I** — Cota 35,82 m.

Ubicación. 200 metros al sur de la casa de Francisco Burna.

- de 0,00 a 0,90 m — Limo pardo.
- de 0,90 a 3,25 m — Limo oscuro arcilloso.
- de 3,25 a 5,95 m — Limo oscuro con acumulaciones de calcáreo.
- de 5,95 a 6,60 m — Limo arenoso arcilloso.
- de 6,60 a 7,30 m — Arena parcialmente cementada.
- de 7,30 a 9,40 m — Igual al anterior, de grano más grueso.
- de 9,40 a final — Arcilla con algunos rodados.

**Perforación II** — Cota 35,73 m.

Ubicación. En casa de Bouchet.

- de 0,00 a 1,10 m — Limo arenoso arcilloso pardo oscuro.
- de 1,10 a 2,45 m — Limo arenoso arcilloso pardo rojizo.

- de 2,45 a 3,95 m — Limo arenoso arcilloso pardo rojizo.
- de 3,95 a 4,85 m — Cantos rodados.
- de 4,85 a 13,85 m — Arena parcialmente cementada.

**Perforación III** — Cota 25,20 m.

Ubicación. Laguna Salas (Campo de Carlos Corso).

- de 0,00 a 0,40 m — Limo arcilloso.
- de 0,40 a 2,65 m — Limo arenoso arcilloso.
- de 2,65 a 4,40 m — Arena parcialmente cementada.
- de 4,40 a 10,75 m — Arena de grano fino.

**URUGUAY**

**ZONA CONSTITUCION** (Usina Aguas Corrientes).

**Perforación N° 407** — Cota 26,36 (Perforación profunda).

Es propiedad de la Dirección Nacional de Geología y Minería  
Terminó la impresión de esta obra el 15 de octubre de 1959



社団法人 日本化学会  
化学図書・情報センター

The Chemical Society of Japan  
The Chemistry Library

5, Kanda-Surugadai 1-Chome, Chiyoda-ku  
TOKYO, 101 JAPAN  
PHONE: 03-3292-6171 FAX: +81-3-3292-6319



SEA MAIL

Estaria de Minería  
Biblioteca  
c/ Av. Julio A. Roca 651  
Piso 9  
Argentina

Ar-Exchange-2 B

PRINTED  
MATTER  
AT REDUCED RATE