



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
REPÚBLICA ARGENTINA

PROYECTO
“SIMULACIÓN Y PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO
DEL FRENTE DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ”

PICT 802/OC-AR

APORTES AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA DEL SUBSUELO DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ



Proyecto LHA 235
Informe LHA 03-235-04
Ezeiza, Septiembre de 2004

LABORATORIO DE HIDRÁULICA

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE:

Ing. Oscar V. LICO

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS:

Dr. Raúl A. LOPARDO

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA:

Ing. Julio C. DE LÍO

DIRECCIÓN DE SERVICIOS HIDROLÓGICOS:

Lic. Oscar CORIALE

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL:

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

AUTORES

Dr. Adrián SILVA BUSSO (DSH-INA)

Lic. Sergio AMATO (CIC)

Lic. Nicolás SEOANE (FICH-UNL)

Ing. Marcos PITTAU (LHA-INA)

ÍNDICE

1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL AREA DE INFLUENCIA

1.1. Climatología	4
• Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad	4
• Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura	4
1.2. Geología y geomorfología	7
• Descripción general	7
1.3. Geología y Estratigrafía	8
• Cuadro estratigráfico general del subsuelo con interés hidrogeológico	8
□ Basamento Cristalino	8
□ Sedimentos Paleozoicos	9
□ Formación Botucatú y Piramboiá o Formación Misiones	9
□ Formación Serra Geral	9
□ Formación Puerto Yerúa	9
□ Formación Fray Bentos	10
□ Formación Paraná	10
□ Formación Ituzaingó y Formación Puelches	10
□ Formación Salto Chico	11
□ Formación Hernandarias	11
□ Sedimentos Pampeanos	12
□ Formación Isla Talavera	12
1.4. Geomorfología	13
• Subunidad Isla Ibicuy	13
• Subunidad Cordón Litoral	13
• Dinámica actual	13
1.5. Hidrología e hidrogeología	14
• Hidrología y cuerpos de agua superficiales	14
• Hidrogeología	15

□ Acuífero Ituzaingó.....	15
□ Acuitardo o Acuífugo de la Formación Hernandarias	16
□ Depósitos recientes	17
• Hidroquímica.....	17
• Estudio piezométrico estático para cuerpos de agua subterránea.....	17
• Edafología.....	18
□ Serie Ea. San Isidro.....	19
□ Serie Holt	19
• Flora.....	20
• Caracterización fitosociológica de la vegetación	21
□ Zonificación de las unidades del delta del río Paraná	22
• Fauna.....	23
2. METODOLOGÍA	24
2.1. Resultados de campo y gabinete.....	24
• Recolección de muestras	25
• Control de las perforaciones y metodología de construcción de pozos de estudio, perfilaje y diseño de los piezómetros	25
• Control geológico y perfilajes	26
• Tareas de laboratorio, tratamiento de muestras de las perforaciones	27
• Tareas de gabinete	28
2.2. Cartografía base y temática.....	28
• Productos realizados, cartografía temática.....	28
3. BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXO I: Perfiles litológicos	30
ANEXO II: Cartografía temática.....	38
ANEXO III: Fotografías de campaña	40

1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA:

1.1. Climatología

En términos generales el clima de la región deltaica es de tipo Templado Húmedo sin estación seca, aunque en los meses invernales se observa una disminución de la cantidad de precipitaciones. El régimen pluviométrico del delta es de tipo isohigro. Si bien las lluvias se reparten de forma uniforme a lo largo del año, su disminución en los meses de invierno es suficiente para que se aprecie en el registro. La información meteorológica proviene de la estación de registro del INTA Delta ubicada en 34°09' S y 58°57'W dado que se carece de datos locales o más cercanos al emprendimiento minero..

- ***Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad***

Los vientos de la región son en general suaves, la media anual de 4,0 Km/h (medida en la estación experimental INTA Delta) y en general los valores medios mensuales no presentan marcadas diferencias con el promedio anual.

El mes menos ventoso es abril con un promedio de 2,7 km/h y el que manifiesta mayor velocidad es el mes de Septiembre con valor promedio de 5,4 Km/h. Predominan los vientos del sector NE en todas las estaciones, siguiéndoles los de los cuadrantes SE y SW. El régimen eólico es importante por su influencia sobre el régimen hídrico superficial. Este actúa modificando el nivel hidrométrico de los cauces. Los vientos del sector NO suelen favorecer las bajantes y los del sector SE (Sudestada) suelen frenar o retardar la velocidad de salida del agua debido a su escasa pendiente, como consecuencia de ello provoca crecientes de cierta magnitud, lo que combinado con precipitaciones locales o aporte de agua de la alta cuenca puede anegar e inundar extensas regiones complicando la evacuación de las mismas aguas abajo.

- ***Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura***

EL valor promedio de precipitaciones en base a un registro de 40 años indica un valor de 1020,9 mm anuales. La cantidad de días lluviosos por año ha sido de 83 con extremos mínimos de 48 días y máximos de 113 días. Sobre el mes de Julio se concentra la mayor cantidad de días con heladas, los guarismos al respecto evidencian un promedio en dicho mes de 7 días con heladas meteorológicas y 11 de heladas agronómicas cuyo total anual oscila entre 22 heladas meteorológicas y 43 agronómicas. La ocurrencia de la primera helada suele ser entre la última semana de Abril y primera de Mayo mientras que las más tardías llegan incluso al mes de Octubre. Las temperaturas promedio de heladas en los meses de invierno oscilan en -4°C pero pueden alcanzar los -10°C. A continuación se presenta las tablas de precipitaciones medias y frecuencia de días con heladas.

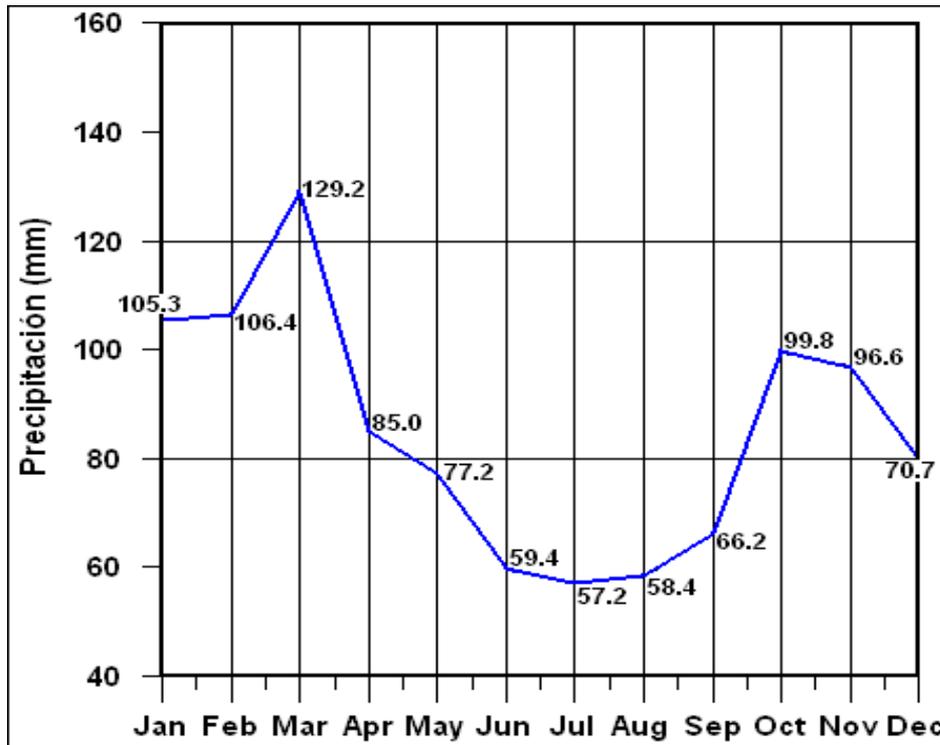
	Mz	Ab	My	Ju	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Di	En	Fe
Meteorológica	0.00	0.10	2.00	5.00	7.00	6.00	2.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Agronómica	0.03	1.00	5.00	10.00	11.00	10.00	5.00	1.00	0.03	0.00	0.00	0.00

Frecuencia de días con heladas (promedio serie INTA-Delta)

	En	Fe	Mz	Ab	My	Ju	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Di
(mm)	105.3	106.4	129.2	85.0	77.7	59.4	57.2	58.4	66.2	99.8	96.6	79.7
Días	7	7	8	7	6	7	6	6	6	8	8	7

Precipitaciones medias mensuales (INTA-Delta)

Debido a la proximidad al Estuario del Plata y la cantidad elevada de ríos y arroyos que surcan el Delta su humedad relativa es elevada casi todo el año. La media anual es de 76%, siendo las medias máximas en los meses de invierno con valores de hasta 81% y las mínimas en el verano del orden del 69%. Su oscilación es muy pequeña siendo característico de la región.



Hidrograma de la zona de estudio

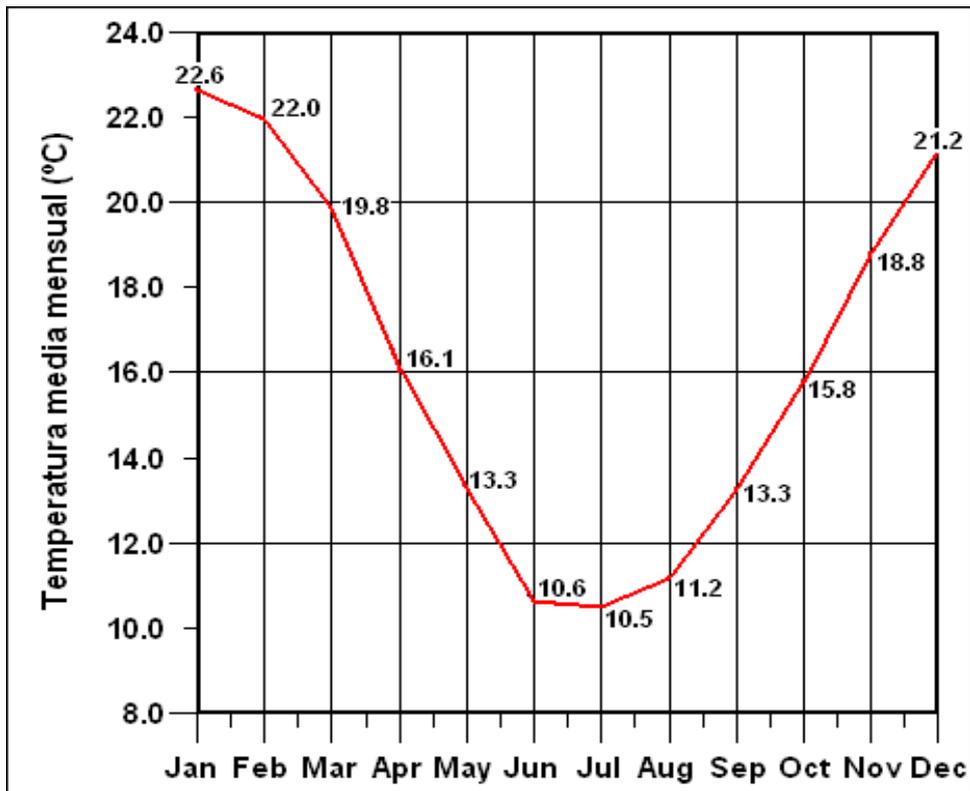
La temperaturas medias para la estación más cálida (sobre el mes de Enero) es de 22,6 °C y el mes más fría (Julio) es de 10,5°C. La Temperatura media anual se allá comprendida entre los 16,0 – 16,5 °C. Los máximos y mínimos acusan valores muy importantes entre 36 –38°C (para los máximos) y los 0 - 5 °C (para los mínimos). A continuación se presentan las temperaturas medias mensuales y la humedad relativa promedio.

Temp	En	Fe	Mz	Ab	My	Ju	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Di
Media	22.6	22.0	19.8	16.1	13.3	10.6	10.5	11.2	13.3	15.8	18.8	21.2

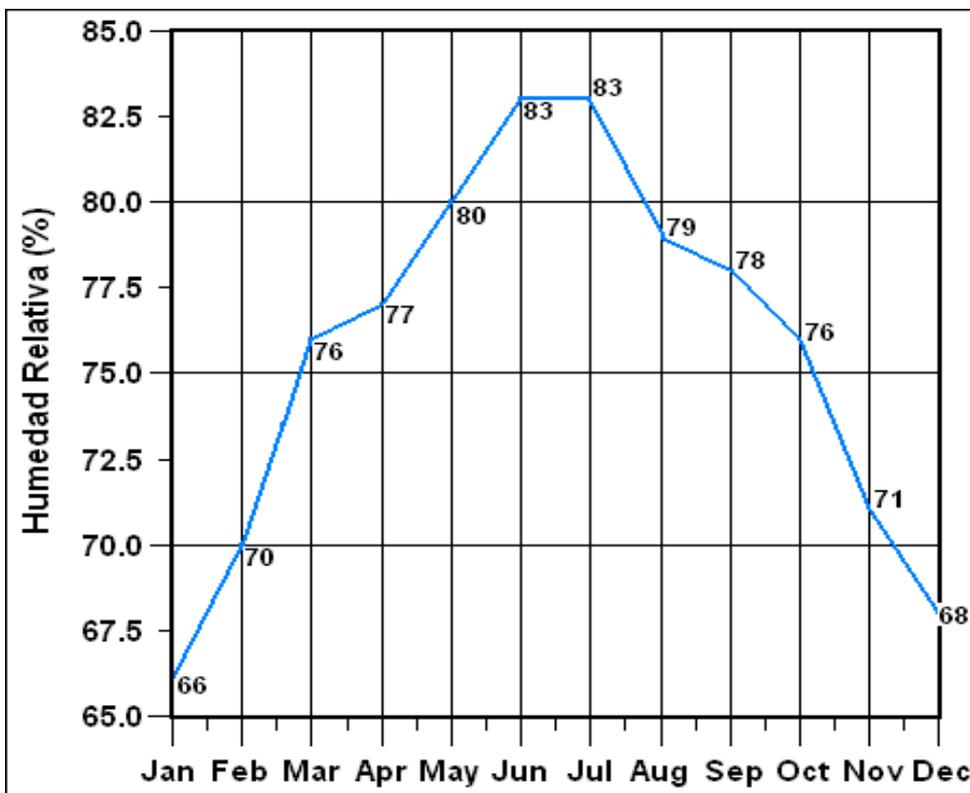
Temperaturas medias mensuales (INTA-Delta)

Hum.	En	Fe	Mz	Ab	My	Ju	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Di
%	66	70	76	77	80	83	83	79	78	76	71	68

Humedad promedio mensual (INTA-Delta)



Temperaturas media mensuales

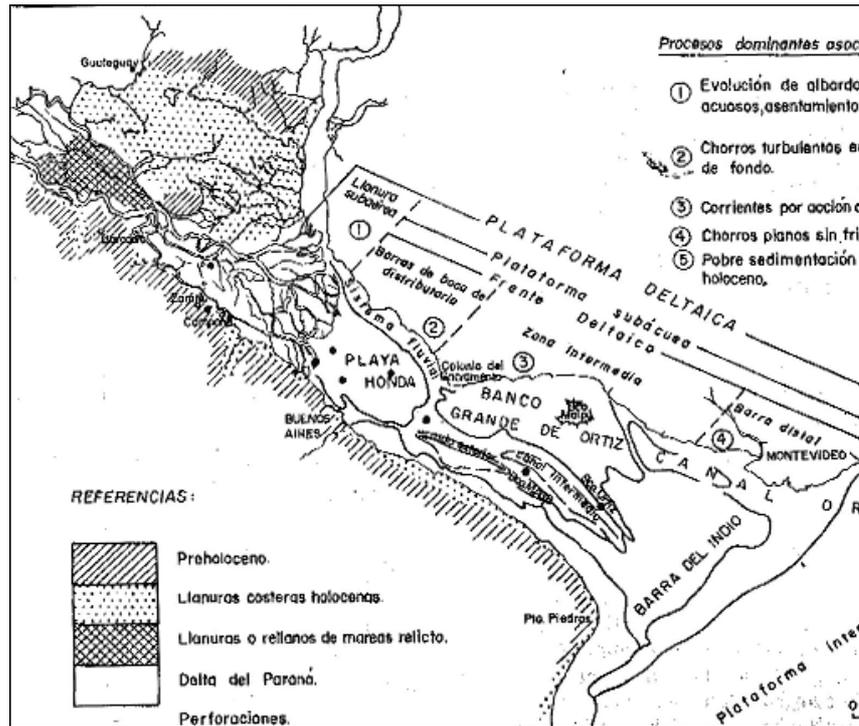


Humedad Relativa en el área de estudio

1.2. Geología y geomorfología.

- **Descripción general**

El área de estudio se encuentra sobre la región marginal nororiental del sistema deltaico del Río Paraná. Se comprende por región deltaica un cordón litoral cuyo eje posee una orientación aproximada NO-SE de 300 Km de longitud en dicha dirección y cubriendo un área de 15000 Km².



Sistema Deltaico y Estuario del Plata (Parker y Marcolini, 1992)

Desde el punto de vista estrictamente geográfico el Delta del Paraná se restringió al ámbito terrestre asociado al Río Paraná abarcando, según Iriondo, (1980) una extensa zona baja y deprimida entre las llanuras altas de las actuales Provincias de Buenos Aires y Entre Ríos y por las llanuras costeras desarrollándose en el momento de máxima expansión de la ingresión marina Holocena ("Mar Querandino", Formación Querandí). El límite geográfico del sistema deltaico en el sentido de su frente de avance ha sido el "Río de la Palta" hasta la localidad de Playa Honda. Pero el sistema deltaico y el sistema estuárico del plata son ambientes que coexisten íntimamente relacionados.

El Estuario del Plata o Río de la Plata es una masa de agua costera parcialmente confinada que tienen una conexión libre con el mar abierto en la cual el agua marina es parcialmente diluida por el agua dulce proveniente de los afluentes fluviales costeros y de los Ríos Uruguay y Paraná. Es una zonas de interfase entre los sistemas fluviales deltaicos y el mar abierto.

El delta es un área con predominio de la sedimentación desarrollado como consecuencia del aporte de carga clástica de los sistemas fluviales. Este aporte

hídrico proviene de la alta cuenca del Río Paraná en su mayoría del nordeste de la misma una región cálida y húmeda en Paraguay y Brasil. El aporte desde la región Andina y Chacoparanense del oeste si bien no contribuyen comparativamente con importantes cantidades de agua, en determinados eventos pueden aportar un gran volumen de sedimentos al sistema hídrico. El control de la formación de un aparato deltaico se realiza a través del aporte clástico, el régimen mareal y la intensidad del oleaje. Estos tres procesos son los principales moderadores y controladores del sistema deposicional deltaico.

En este estudio el área fluviodeltaica (Iriondo, 1992), llanura deltaica o llanura sub-aérea (Parker y Marcolini, 1992) tendrá especial atención debido a que es la zona donde se emplaza la explotación minera.

1.3. Geología y Estratigrafía

• Cuadro Estratigráfico General del Subsuelo con Interés Hidrogeológico

La Geología Regional responde originalmente a la fracturación y dislocación del Basamento Cristalino que dio lugar a la formación de una amplia fosa o cuenca llamada Chaco-Paranense. La misma fue posteriormente rellenada con sedimentos detríticos y pelíticos de origen continental y marino. Las unidades de interés hidrogeológico de más antiguas a más modernas son las siguientes: Formación Botucatú o Tacuarembó, con una litología dominante de areniscas, de edad Mesozoico inferior a medio; Formación Serra Geral, basaltos, edad Mesozoico superior; Formación Puerto Yerúa, conglomerado brechoso y areniscas, color rojizo, edad Cretácico superior; Formación Fray Bentos, areniscas muy finas y calcáreos rosados, edad Oligoceno; Formación Paraná, arcillitas verdes, edad Mioceno; Formación Ituzaingó, arenas, edad Plio-Pleistoceno; Formación Salto, arenas, edad Plio-Pleistoceno y Formación Hernandarias, limos arcillo-arenosos, edad Pleistoceno; Formación El Palmar

Se incluirá también la estratigrafía en profundidad que se determinó a partir de perforaciones en las zonas circundantes al sistema deltaico (Provincias de Buenos Aires y Santa Fe) ya que no existen perforaciones profundas el área del delta. La misma puede considerarse representativa en profundidad para la zona deltaica en función del conocimiento actual de la estratigrafía en profundidad del Cuenca Chacoparanense. Esta se incluye aquí no como una correlación formal de la unidades sino solamente a manera comparativa y complementaria del presente estudio

□ Basamento Cristalino

Conforma la unidad mas antigua reconocida, alcanzada por la Dirección de Hidráulica de la provincia de Buenos Aires en la localidad de Hudson, con cota de - 359,7 m y con variaciones desde - 330 m en el Puente Pueyrredón, hasta - 450 m en Lomas de Zamora, este basamento es el que aflora luego, a pocos kilómetros del área de estudio en la isla Martín García en el Río de la Plata y en la Rep. Oriental del Uruguay, se profundiza hacia la cuenca del río Salado en la provincia de Buenos

Aires y vuelve a aflorar en superficie formando el Sistema Serrano de Tandilia. Está compuesto por gneises graníticos y es de edad precámbrica.

□ Sedimentos Paleozoicos

Conjunto de sedimentitas clásticas de arena muy fina, limolitas, y niveles limo arcillosos de color gris claro a medio. atravesadas por la perforación Nogoyá 1 por debajo de 1820 m.d.b.p. hasta fondo de pozo. Intercala diabasas de origen basáltico (F. Serra Geral). De supuesta edad Pérmico superior se ha correlacionado con las Formaciones Chacabuco, Yaguarí y Río do Rastro (Chebli, Tófaló, y Turzzini, 1987)

□ Formación Botucatú y Piramboiá o Formación Misiones

Presenta en subsuelo un miembro inferior, con areniscas muy finas, arcillosas, color gris a verdoso, y areniscas rosadas, limolitas y fangolitas verdosas y rojizas, principalmente. El miembro superior está constituido característicamente por areniscas cuarzosas, finas a medianas, muy bien seleccionadas. Se consideran espesores del orden de los 1000 m para la suma de los dos miembros.

La Formación Botucatú guarda un interés hidrogeológico de suma importancia en la provincia ya que en Uruguay alumbran aguas termales surgentes con caudales altos de buena calidad química. Resultados iniciales oficiosos y estudios preliminares geofísicos, alimentan altas probabilidades de que se repitan las condiciones de Brasil y Uruguay en Entre Ríos. La Formación Misiones es una posible variación lateral de la misma de material más fino con escasa posibilidades de contener acuíferos (Silva Busso, 1998)

□ Formación Serra Geral

La naturaleza litológica es dominante eruptiva (Basaltos) y clástica de edad Cretácica, aflorante en el sector NE de Entre Ríos, sobre la ribera del río Uruguay. Esta formación está integrada por dos miembros; uno inferior Miembro Solari (Herbst, -1971-) y otro superior Miembro Posadas (Gentili y Rimoldi, -1979-).

Miembro Solari: Constituido por areniscas rojas de ambiente continental desértico, estratificadas, con niveles de origen volcánico.

Miembro Posadas: Constituido por diferentes coladas basálticas tolehíticas, de color pardo rojizo, compacto, con poca porosidad mayormente ocupadas por CaCO₃ y zeolitas, presenta diaclasamiento o disyunción columnar. Se registraron espesores de hasta 1000 m en el NE de la provincia, y hasta 700 en el Este sobre el río Uruguay.

□ Formación Puerto Yerúa

Se compone de un conglomerado brechoso que pasa a una arenisca masiva, cementada con sílice y óxidos de hierro que le imprime un color rojizo. Suele asociarse a niveles de arcillas y limo-arcillosos.

□ Formación Fray Bentos

Se compone esencialmente por areniscas muy finas con cemento arcilloso y calcáreo de color pardo rosado. Son de dureza variable, dependiendo de la proporción silíceo cementante y grado de alteración. La Formación Olivos en provincia de Buenos Aires apoya sobre el basamento, corresponde a sedimentos de areniscas y arcillas de color pardo a rojizo, con intercalaciones calcáreas, conglomerádicas y abundante yeso y anhidrita, de origen continental, con límite superior en los - 240 m.s.n.m.

□ Formación Paraná

Lo constituyen niveles de arcilitas, arcilitas arenosas y arenas, y calcáreos fosilíferos. Las arcillas basales son muy plásticas, de color gris verdoso, gris azulado y con estratificación laminar. Se superponen arcillas más arenosas, verde amarillentas con bancos delgados de bivalvos. Superpuestas a las anteriores, se destacan arenas arcillosas con bancos ostreros cubiertos por bancos de arena silíceo.

La cubierta de esta formación se compone de importantes bancos calcáreos arenosos compactos. La misma se ubica discordante sobre la Formación Fray Bentos, y aflora a lo largo de la margen izquierda del Río Paraná, desde Pueblo Brugo hasta Rincón de Nogoyá. En Buenos Aires suprayace a la Formación Olivos y gran parte de la llanura Chaco-Paranense se ha depositando los niveles atribuibles a esta formación de gran espesor, con arcillas verde azuladas e intercalaciones de areniscas y niveles calcáreos compactos y restos de fósiles marinos, su techo se encontraría entre los - 50 m y - 90 m.s.n.m.

□ Formación Ituzaingó y Formación Puelches

Compuesta por arenas silíceas de grano fino a mediano y hasta gravas, de color amarillento ocráceo; rojizo y blanquecino. Los granos presentan muy buena redondez y esfericidad y alto grado de selección. Se puntualiza la importancia del óxido férrico que constituye parte de la matriz de los sedimentos.

Presenta además areniscas de igual color bien silicificadas, intercalándose niveles limo-arcillosos castaño oscuro y gris verdoso claro. Su edad se considera como Plioceno Medio hasta Pleistoceno inferior. Es de origen fluvial atribuidos a un viejo sistema del Paraná. Los espesores aflorantes alcanzan los 10m y se disponen discordantes respecto a su techo y base.

Esta formación se expone a la superficie en diversos puntos de la provincia, pero principalmente en la barranca del Río Paraná. En subsuelo, el espesor total de la Formación, aún no bien determinado, alcanzaría hasta 120 m, disminuyendo de Este a Oeste y Sudoeste. Si bien la mayoría de las perforaciones de la provincia solo penetran parcialmente en la Formación Ituzaingó, (penetración promedio 10 a 14 m) de acuerdo a perfiles existentes su espesor constatado es de 118,50 m en la localidad de Rosario del Tala, 94,00 m en Hasenkamps y 80,00 m en General Urquiza, por ejemplo.

La Formación Puelches definida en las Provincias de Buenos Aires y Santa Fe desarrollada a partir del retiro del mar parariano hacia el sureste, que crearon las condiciones sobre una extensa llanura, para el desarrollo de un sistema fluvial muy desarrollado, sobre los depósitos dejados por este mar, conforme se producía el retroceso del mismo, se producía el avance de extensos canales, en algunos casos de gran profundidad que transportaban y depositaban cuerpos de sedimentos que en forma lateral se interdigitaron, dando origen a un depósito excepcionalmente continuo reconocido en gran parte de las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires y franja oriental de Chaco y Formosa, es muy factible que se corresponda con sedimentos aflorantes en la provincia de Entre Ríos y de subsuelo en Corrientes ya mencionados como Formación Ituzaingó. Conforman una secuencia de arenas cuarzosas, pardo amarillentas a blanquecinas de gran selección granulométrica y composicional con intercalaciones arcillosas de variado espesor (Santa Cruz, 1970), hay lugares donde la arena casi fue reemplazada en su totalidad por material fino, o lugares donde la arena registra espesores de mas de 100 m, en esos casos, las Arenas Puelches pueden estar apoyadas directamente sobre la Formación Olivos (Santa Cruz, J. N., 1994), reconoce como área de aporte el área cratónica del Brasil.

De aquel sistema fluvial se preserva hoy el río Paraná, que al llegar a la llanura deposita su carga de arena que transporta desde la alta cuenca. Su profundidad varía entre 15 m y 120 m. El espesor total medio de la Formación Puelches, varia entre 20 m y 40 m, pero puede alcanzar los 80 m, como en General Belgrano o superar los 100 m en la localidad de Zárate, en la localidad de Saladillo el espesor es superior a los 60 m y la profundidad del techo se encuentra allí entre los 90 m y 110 m edad Plio-Pleistocena inferior. La Formación Puelches aflora parcialmente en el lecho del Estuario del Plata Superior, sobre el Canal del Infierno en base a perfiles sísmicos (Paterlini, Parker y Costa, 1992).

□ Formación Salto Chico

Está constituida por diferentes capas de textura muy variable, entre areniscas, areniscas conglomerádicas y conglomerados. Los clastos son principalmente de cuarzo, calcedonia, ópalo y rodados de basalto. Se destacan los bancos de areniscas con estructura entrecruzada, de color predominantemente rojizo. Su granulometría es uniforme, los clastos son de feldespatos, mafitos y la matriz arcillo-limosa. Entre las arenas y areniscas yacen cuerpos lenticulares arcillosos y limo-arcillosos, verdes a verdes azulados, con fósiles orgánicos silicificados como en la Formación Ituzaingó.

Se desarrollan ampliamente sobre la costa del río Uruguay, desde la Provincia de Corrientes hasta la localidad de Gualeguaychú, Entre Ríos. Esta formación por sus características depositacionales responde a un ambiente típicamente fluvial.

□ Formación Hernandarias

Esta formación constituye la cubierta cuaternaria que se extiende sobre la mayor parte de la provincia. Está constituida por limos arcillosos y arcillas limosas con proporción variable de arena fina a muy fina, distribuidas uniformemente en todo el perfil.

Se aprecian en afloramientos dos niveles que podrían constituir miembros dentro de la formación. Uno inferior más arcilloso de color gris plomizo a verdoso que contiene yeso en forma de cristales hojosos aislados. El superior tiene una coloración castaño rojizo, constituido por limos y arcillas y contiene en la cúspide concreciones calcáreas. La fracción arcilla es en sus características geomecánicas muy expansivas y contractivas, del tipo montmorillonítica. El espesor máximo aflorante observado en las barrancas del Río Paraná, no supera los 15 m y su extensión areal representa la mayor parte de la Provincia de Entre Ríos.

El espesor en subsuelo varía en general con la cota topográfica, acuñándose por erosión y sedimentación con facies marinas en el borde occidente de la provincia e igualmente disminuye hacia el oriente hasta tomar contacto con sedimentos fluviales del río Uruguay (arenas y cantos rodados).

□ Sedimentos Pampeanos

Bajo esta denominación se agrupa a las Formaciones Ensenada y Buenos Aires, las dos unidades son muy similares y en algunos casos de difícil separación, por lo tanto actualmente a este conjunto se lo agrupa en general como sedimentos pampeanos. Abarcan gran parte de la llanura Chaco-Pampeana, son depósitos medianos a finos, limos y arcillas con intercalaciones calcáreas concrecionales o tipo mantiformes (tosca). El color dominante es el castaño, con tonalidades amarillentas a rojizas.

En gran porción corresponden a sedimentos transportados por el viento desde la cordillera ya emergida para esa época y desde los llanos secos y poco vegetados que se formaron hacia el oeste de la misma, inmensas nubes de polvo y trizas vítreas de los volcanes cordilleranos alcanzaron a depositarse hasta el Atlántico dando origen al conocido loess pampeano, que fue retrabajado incesantemente por ríos, arroyos y pequeños cursos de agua redepósitos en cauces y planicies costeras, hasta la actualidad. El Pampeano varía en espesor entre 15 m y 30 m pero puede superar los 100 m hasta alcanzar la profundidad del techo de las Arenas Puelches.

Paterlini, Parker y Costa (1992), determinaron a partir de perfiles litoestratigráficos de perforaciones y sísmica de alta resolución en el Estuario del Plata la presencia de afloramientos en el lecho atribuibles a los Sedimentos Pampeanos y los correlacionaron con las Formaciones Olivos, Punta Dorado y Raigón en las costas Uruguayas.

□ Formación Isla Talavera

En su mayor parte se constituye por depósitos de una ingesión holocénica sedimentados sobre una unidad fluvial más vieja. Durante la fase regresiva posterior las corrientes marina tuvieron un movimiento dextrogiro, dispersando los sedimentos aportados por el Río Paraná en la actual margen entrerriano del golfo (Iriondo, 1978). Se desarrollo así un cordón litoral que encerró un cuerpo de agua en el cual los afluentes entrerrianos comenzaron a formar deltas menores, mientras los afluentes bonaerenses desarrollaron un amplio estuario. Durante la regresión se

formó una larga serie de playas paralelas que en la fase estuárica constituyeron una llanura de marea de 150 km de longitud. Estos niveles constituyen la Formación Isla Talavera definida en el Mapa Geológico de la Provincia de Entre Ríos (Bertolini, 1995).

1.4. Geomorfología

En base al estudio geomorfológico realizado por Iriondo (1992), se proponen tres unidades geomorfológicas en el área fluvio deltaica actual a saber: faja de bancos y meandros a lo largo de cauces principales, llanura de meandros finos generada por tributarios menores actualmente activos en la zona superior, una llanura deltaica que avanza sobre el Río de la Plata.

En este contexto se pueden definir subunidades geomorfológicas de las cuales dos de ellas comprenden la cantera en explotación y el área de estudio circundante según:

- **Subunidad Isla Ibicuy (Iriondo 1992):** Es una isla predeltaica de forma redondeada de alrededor de 150 Km² ubicada en el delta inferior y compuesta de limos calcáreos continentales del Pleistoceno medio. Su superficie desciende topográficamente de SE a NO de 5 a 2,5 m.s.n.m. Un arco arenoso complejo de 4 a 6 m de altura (6 – 10 m.sn.m.) y 1800 m de ancho la rodea parcialmente desde el cuadrante sudeste. Se supone que en la época de la formación de dicho cordón, durante la ingresión, el viento de dirección sudeste pudo ser más intenso que en la actualidad y provocó la formación de un arco de dichas características. Esta unidad es la base sobre la que apoya la unidad de explotación.

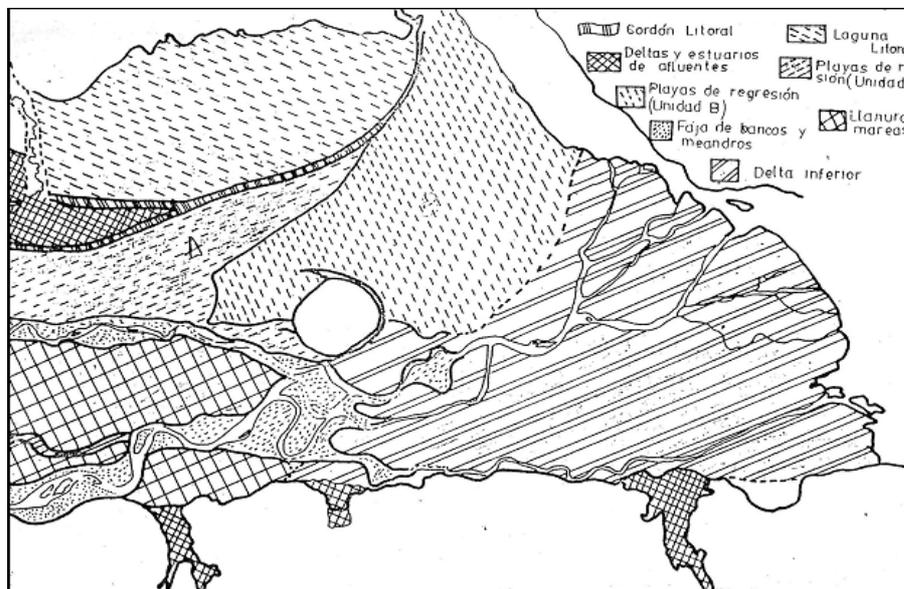
- **Subunidad Cordón Litoral (Iriondo 1992):** Esta unidad corresponde a la unidad de explotación en las canteras 1 y 2 presentadas en este estudio. Corresponde a un periodo de máximo nivel de ingresión marina. Una vez que el nivel máximo fue alcanzado la dinámica litoral distribuyó los sedimentos de descarga del Paraná a lo largo de la costa nordeste formando un cordón litoral de 220 Km de largo. Se trata de una playa de tamaño variable de 200m a 700m de ancho que bordea la llanura de avenamiento impedido. Es un típico cordón litoral que se desarrolla a una distancia variable de la costa (entre 6 y 30 Km). Este cordón se ve representado en la Isla Ibicuy como se expuso anteriormente. De acuerdo con dataciones radiocarbónicas (Cigliano, 1966) la edad de estos cordones es de 4000 – 5000 años.

- **Dinámica Actual (Iriondo 1992):** En la actualidad se observan inundaciones de diferente origen dentro del sistema deltaico. La creciente actual del Paraná cubre completamente las fajas de bancos y meandros y la llanura de mareas actuales y parcialmente la llanura de meandros finos. Las aguas son capturadas aguas abajo en los innumerables tributarios del delta inferior. Las grandes crecientes con recurrencia en varios años suelen cubrir completamente el complejo deltaico.

Las crecientes del Río Gualeguay cubren la laguna litoral y un sector de las playas de regresión hacia el este de su desembocadura durante varios meses. Cuando

sopla viento del sudeste el nivel del agua se eleva hasta los 2,5 m.s.n.m. y las áreas más perjudicadas son el delta inferior, playas de regresión y laguna litoral. El viento del Sur y Sudoeste deflexiona el cordón litoral formando dunas activas de varios metros de altura. La marea tiene aproximadamente 1 metro de amplitud y especial importancias en el frente deltaico su influencia disminuye gradualmente hasta ser casi imperceptible a la altura de la ciudad de Rosario. El proceso morfogénico dominante son los mecanismos de inundación relacionados con el Río Paraná.

En función de lo expuesto el mecanismo de inundación de mayor riesgo en el área de estudio cercana a las canteras en explotación, considerando la relativamente elevada topografía, morfología de las unidades y geomorfología del área son los procesos de inundación con recurrencia de varios años, relacionados con el Río Paraná casi exclusivamente. El viento provoca la deflación de los frentes de cantera expuestos o bien de los cordones médanos en explotación.



Unidades Geomorfológicas del Delta Inferior (Iriondo, 1992)

1.5. Hidrología e hidrogeología

- **Hidrología y cuerpos de agua superficiales**

El proyecto se encuentra en el área del delta activo, es decir una región caracterizada por una intensa red de cursos fluviales interconectados entre sí que han sido consecuencia de la propia dinámica agradacional del sistema deltaico. Entre los ambientes sedimentarios definidos por Parker y Marcolini (1992), se incluye el denominado Ambiente de Llanura Subaerea, representada por el delta superior y inferior separados por el límite que corresponde a la zona inundable por acción de mareas. El área de estudio se encuentra en el delta superior. En esta última se reconoce una unidad geomorfológica denominada por Iriondo (1992), como “Faja de bancos y meandros” que rodea al área de Isla Ibicuy y corresponde a depósitos que han tenido retrabajo fluvial. Dicha unidad se genera por la migración lateral de los

canales menores, pero bastante activos, de la margen izquierda del cauce principal en la parte superior del delta extendiéndose hacia la inferior. La característica principal es el elevado valor del cociente radio de curvatura / ancho de cauce. Este procesos fluvial activo retrabaja los sedimentos previamente depositados principalmente los de las llanuras de avenamiento impedido y la llanura de mareas. Esta es una zona con cotas de 6 a 8 m.s.n.m. Es así que los cursos fluviales discurren por canales más estables que en el delta inferior propiamente dicho.

Los eventos de inundación se producen cuando el nivel normal de los ríos es alterado por alguno de los siguientes factores:

- Mareas comunes que tienen su influencia sobre el estuario del Plata y provocan oscilaciones periódicas en el nivel de agua constituyen los “repuntes” comunes o mareas.
- Crecidas del Río Uruguay relacionadas con precipitaciones en la alta cuenca (al menos en el delta frontal)
- Crecidas del Río Paraná relacionadas con precipitaciones en la alta cuenca, aportes de agua de los cursos que desembocan en el delta que localmente pueden producir un efecto similar aunque de menor intensidad.
- Vientos del sector Sudeste que provocan dificultades en la evacuación del agua provocando desbordes e inundado zonas anegadizas. Esto puede complicarse en conjunto con otros eventos meteorológicos o aportes de agua de la alta cuenca

Las inundaciones extraordinarias se producen a intervalos variables, recordándose en este siglo las de los años 1905, 1914, 1922, 1940, 1958, 1959, 1966, 1973, 1977, 1982-84 y 1989, las que registraron mayor altura cerca de Campana (Bs.As.) fueron la de 1959 con 4,15 m y la de 1989 con 4,05m, siendo la de mayor periodo la de 1982-84.

• **Hidrogeología**

De acuerdo a la estratigrafía y hidroestratigrafía regional y las características hidrogeológicas de la regiones de exceso hídrico en la Región Pampeana, se presume, que los acuíferos regionalmente sin influentes sobre los cursos fluviales. Considerando las diferencia altimétrica regional y la cercanía de la explotación minera la provincia de Entre Ríos se considerara la información hidrogeológica regional como más característica en este estudio. Considerando al Epiparaneano (Santa Cruz y Silva Busso, 1999) como la Sección de mayor interés en este estudio se consideraran los siguientes características hidráulicas de los diferentes unidades geológicas.

□ Acuífero Ituizangó

En base a la granulometría de las arenas (entre 0,5mm a 2,0mm) se puede calcular una porosidad eficaz de 25 a 30%, y una permeabilidad teórica de entre 40 y 80m/día. No se han registrado ensayos de bombeo con valores de Transmisividad y coeficiente de almacenamiento en esta formación. Sólo se cuenta con datos de caudales específicos que oscilan entre 8 m³/h/m y 40 m³/h/m, y caudales de extracción de 60 a 800 m³/h y hasta 1200 m³/h, teniendo el carácter de acuífero

semiconfinado en sus 20 m superiores (aproximadamente) de explotación.

Las aguas subterráneas de la Formación Ituzaingó, corresponden - en el área considerada - a los tipos bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas sódicas. Las aguas sulfatadas (especialmente ubicadas en el Centro-Norte de la provincia), su presencia dentro de la Formación Ituzaingó se debe al drenaje vertical desde la Formación Hernandarias. Arealmente disminuye hacia el Sur. Hay un sector restringido al sector del río Uruguay con aguas cloruradas sódicas.

En general, los resultados hidroquímicos revelan condiciones favorables para el consumo en general, y sólo en áreas muy limitadas se exceden los valores admisibles de potabilidad. De acuerdo a los antecedentes, los valores de residuo seco, a nivel regional, oscilan entre 250 mg/l y 3000 mg/l, siendo el valor más representativo: 650 mg/l. Las aguas en general son propensas a producir incrustaciones de carbonato de calcio. Por otro lado, la presencia - a veces elevada - de hierro, induce un peligro potencial constante de efectos corrosivos e incrustantes, asociado a procesos bacterianos complejos.

Estudios específicos hidroquímicos en perforaciones en los Departamentos de Paraná y Diamante, con promedio 40 m de profundidad, ubican a las muestras - de acuerdo al diagrama conductividad/RAS - en un 39,45 % dentro del campo C3-S2, el 25,5 % en el C3-S1, el 13,4 % en el C3-S3 y el 12,7 % en el C2-S1. Considérese solamente como orientativo para el área de estudio.

□ Acuitardo o Acuífugo de la Formación Hernandarias

El contenido salino sobresalen los carbonatos en forma concrecional, (tosquillas redondeadas de 10mm de diámetro), diseminados en casi todo el perfil, observándose un aumento de la concentración en la zona costera del Río Paraná.

Hacia la base de esta formación, particularmente en la parte Centro-Norte y Centro-Oeste de la provincia, se destaca la presencia de yeso en forma de cristales insertos en arcillas verde grisáceas de hasta 3 m de espesor. Ambas sales le confieren además al agua una elevada alcalinidad, dureza y sulfatos, lo que contribuye a incrementar el residuo seco (R.S.) a valores que superan 2500 mg/l, (por ejemplo muestras de agua de las perforaciones de S.J. Feliciano, Conscripto Bernardi y Alcaráz).

En lo referente al sulfato de calcio, puede decirse por la elevada concentración en el agua (400 y 800 mg/l), se encuentra diseminado en una extensa área interfluvial que comprende la Cuchilla de Montiel. Este carácter hidroquímico influye en la concentración aniónica de la Formación Ituzaingó subyacente.

Los antecedentes indican que la explotación de este acuífero ha sido sustituido en el tiempo, por perforaciones más profundas (2da. capa) debido a los bajos rendimientos y las fluctuaciones del nivel estático como a la vez el deterioro de las condiciones químicas y bacteriológicas. Como reservorio regional, (acuífero libre), no presenta interés hidrogeológico dada su limitada permeabilidad que se refleja en los caudales extraíbles (2000 a 4000 litros por hora).

□ Depósitos Recientes

Los depósitos geológicos más recientes corresponden a las facies deltaicas progradantes o bien a aquellos relacionados a la transgresión marina (Querandino) estos han sido ya descriptos en el apartado geomorfología. No se posee información disponible acerca de la hidráulica de estos niveles, sin embargo, es de suponer que posean una conexión hidráulica muy importante en magnitud con los cursos fluviales y que la litología sea el principal; condicionante de sus posibilidades hidráulicas.

• **Hidroquímica**

Las calidades en la zona de estudio se midieron también aguas arriba y aguas abajo del delta según:

Parámetro	Aguas Arriba	Aguas Abajo
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	116	120
PH	8.30	8.29
Temp °C	18.10	17.70
TDS mg/l	62	64

Parámetro (mg/l)	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Descarga
Cloruros	15.00	13.00	17.00
Sulfatos	6.00	8.00	17.00
Dureza Total	33.00	30.00	26.00
Alcalinidad Total	43.00	34.00	19.00
Sólidos solubles	107.00	104.00	103.00
Sólidos en suspensión	23.00	240.00	625.00
Sodio	15.00	13.90	14.00
Potasio	3.20	2.90	2.70
Nitratos	4.00	3.00	3.00
PH	7.17	6.32	5.92
DQO	22.00	107.00	164.00

El agua de descarga aumenta ligeramente los sólidos en suspensión a consecuencia del lavado de la arena que incorpora al efluente el material más fino como carga clástica. El ligero aumento de sulfatos, DQO y acidez del mismo puede deberse a la incorporación de materia orgánica proveniente del lavado de arenas de los niveles más superficiales del destape.

La magnitud de la incorporación de dichos valores no perturba el medio natural como puede observarse en el análisis realizado aguas abajo del emprendimiento. El proceso no genera efluentes con residuos peligrosos o extraños al ambiente natural.

• **Estudio piezométrico estático para cuerpos de agua subterránea**

No se ha realizado la fecha un estudio de puntos de agua cercano con medición de niveles actualizados que permitan determinar la red de flujo subterráneo. Aunque en términos generales en base a los antecedentes deber corresponder a una zona poco explotada con niveles estáticos de poca profundidad. Los antecedentes de niveles freático corresponden a la zona de Ibicuy:

	Zorroaquín	Comas
Número de observaciones	24	20
Nivel Estático Promedio	1.63	1.83
SD	0.24	0.78
Mínimo	1.20	0.06
Máximo	2.20	3.00

No se posee información acerca de la hidráulica de los niveles acuíferos locales. La bibliografía regional es, en esta región, escasa de ejemplos debido a que la zona del delta no tiene antecedentes de explotaciones medianamente intensivas del recursos agua subterránea. El agua de lavado de arenas se toma de los cursos fluviales cercano, el agua subterránea se emplea para abastecimiento humano, no se explotan caudales significativos que superen la demanda de un molino de viento (2-3 m³/h). Se ha realizado un análisis químico a partir de una muestra de agua subterránea tomada durante el estudio que se presenta en la siguiente tabla:

Parámetro (mg/l)	Pozo Planta
Color	25 Pi-Co
Turbidez	3.3 UTN
PH	7.40
Cloruros	149.00
Sulfatos	2.00
Dureza Total	87.00
Alcalinidad Total	415.00
Sales solubles	931.00
Amonio	2.50
Nitratos	2.00
Nitritos	0.02
Hierro	1.36
Manganeso	0.09
Fluor	0.72
Arsénico	0.036

- **Edafología**

La principal fuente de aporte clástico del aparato deltaico actual lo constituye el propio Río Paraná, por lo tanto el material constitutivo y genético de los suelos del delta se compone de los sedimentos de los río que componen la cuenca. El río recibe anualmente 150 millones de toneladas de carga clástica que decanta según la dinámica del curso fluvial. En este contexto el origen más frecuente para los suelos del delta es aluvial que evolucionan a través del tiempo con diferente grado de maduración. En este sentido se diferencian dos los de tipo aluviales completamente jóvenes e inmaduros, carentes de estructura y materia orgánica y los hidromórficos formados en condiciones de drenaje insuficiente, más maduros en zonas donde la freática está cerca de la superficie. En estos es posible distinguir horizontes diferenciados. Sin embargo es posible distinguir en el delta unidades geomorfológicas de origen marino o relacionadas con la transgresión del "Mar Querandino." Sobre estas unidades también se desarrollan suelos de escaso desarrollo regional.

arenoso, franco y masivo. En profundidad siguen capas de textura arenosa hasta casi los 1,2 m donde aparece otra de textura franco limosa. Posee bajo tenor de cationes de intercambio, la permeabilidad es elevada y de buen drenaje. Sus limitaciones son la falta de materia orgánica, excesiva permeabilidad y falta de agregado del material. Se clasifica como un Udipsament típico de familia térmica.

El uso actual en la región es muy limitado debido a las características del suelo. Agronómicamente su escasez de materia orgánica y falta de estructura conjuntamente con el riesgo de erosión eólica al que están expuestas las unidades, limita su empleo en agricultura e incluso como pastura de ganado. Su explotación minera también está limitada por falta de materia orgánica (fabricación de ladrillos). La forestación de estas unidades puede ser un uso potencial, aunque teniendo en cuenta la falta de materia orgánica y su movilidad no sería posible sino se fija la cobertura edáfica. En especial en la Serie San Isidro y la Serie Holt por su posición geomorfológica y topográfica puede presentar mejores posibilidades aunque posee limitaciones similares. En esto último la profundidad del nivel freático sería una limitante adicional a la forestación.

- **Flora**

La heterogeneidad fitológica de la región fue descrita e interpretada definiendo unidades de paisaje a partir de sus elementos y patrones característicos y régimen hidrológico (Malvarez, 1995).

Malvarez (1995), ha considerado en el área del Delta del Paraná dos macrovariables que delimitaron las unidades definidas por el autor, las mismas se sintetizan según:

- Los patrones de paisaje en términos de tipo y disposición de distintos elementos originados en procesos morfogénicos.
- El régimen hidrológico diferenciado por tipo de entrada principal, patrón temporal, dirección y sentido.

Considerando una tipología de elementos de paisaje para comparar el funcionamiento hidrológico local en los distintos patrones identificados:

1. Cuerpos de agua (lagunas)
2. Cursos de agua (Arroyos)
3. Bajos con inundación permanente o semipermanente
4. Medias lomas con inundación temporaria o semipermanente
5. Altos con inundación temporaria
6. Arenas drenadas para explotación forestal

Si bien estas zonificaciones fueron definidas previamente su caracterización actual comprende conceptualmente la dos macrovariables anteriores sumando la vegetación, formas de vida y principales especies vegetales presentes (Malvarez, 1995).

En el caso del patrón del paisaje para la caracterización Malvarez (1995), ha considerado los conceptos de matriz, parche y corredor. Según este autor la matriz se refiere al elemento del paisaje que juega un papel preponderante en su funcionamiento, el parche comprende a las áreas incluidas en cada matriz definidas

por un entorno característico y el corredor son franjas estrechas que dividen o unen diferentes partes del paisaje.

• **Caracterización fitosociológica de la vegetación**

Como resultado de la zonificación aplicado al área del Delta diferenció once unidades de paisaje. En términos generales los límites de la unidades tienen correspondencia con los debidos al régimen hidrológico permanente. En este análisis es difícil desvincular uno del otro.

La zonificación de la región de Ibicuy denominada Praderas de la Isla de Ibicuy (Malvárez, 1995). Esta unidad constituida en la Isla Ibicuy, originada anteriormente a la ingesión marina, que quedó incluida dentro de la región durante la ingesión del mar (Iriondo y Scotta, 1978).

De forma predominantemente redondeada, esta bordeada por un alto cordón medanoso en el sur, norte y este constituyendo el 1,6 % de la región. El patrón de paisaje presenta gran homogeneidad y está constituido por áreas planas y cursos temporarios con orientación NO-SE. Por ser una zona elevada se inunda con poca frecuencia y en caso de producirse dreña muy lentamente. El régimen de inundación es concordante con la dinámica del Río Paraná con un predominio de crecientes a finales del verano y principios del otoño.

La homogeneidad en el patrón de paisaje se ve representada por al vegetación en el predominio de praderas de praderas de graminiformes bajas cuya composición incluye especies pertenecientes a las comunidades de Gramillar y Pradera Entrerriano-Bonaerense descritas por Burkart (1957). El cordón medanoso que la rodea presenta también fisonomía de pradera incluyendo algunas especies psamofilas. La siguiente lista comprende las especies determinadas por Burkart (1957):

De acuerdo con la clasificación en base al régimen hídrico la zona H señalada en el mapa del ítem 3.5.2 (Malvárez, 1995), corresponde a las Praderas del Ibicuy. En la misma se definen de acuerdo a Malvárez (1995), comunidades y ambientes según las pendientes topográficas en tres grupos loma alta, media loma y bajos con la siguiente asociación de especies:

PRADERA ENTRERRIANO BONAERENSE	<i>Borthriochloa laguroides Stipa papposa Paspalum dilatatum Cynodon dactylon Eleusine tristachia Cyperus spp. Juncus spp. Dichondra repens</i>
GRAMILLAR	<i>Axonopus compressus Lolium multiformun Bromus unioloides</i>

- **Fauna**

La región del delta está comprendida dentro de una región faunal que comprende a la zona de características comunes cuyo límites pueden determinarse considerando dos franjas que siguen los cursos inferiores de los Ríos Paraná y Uruguay. Esta zona ribereña comprende todo el Sistema Deltaico y puede llegar hasta la Bahía de San Borombón, incluida la Isla Martín García.

La competencia en la transformación del ambiente natural por parte del hombre ha hecho que los carnívoros naturales sean especies raras o poco frecuentes en la actualidad, dos ejemplares típicos son el *Lutra platensis* (lobito) y *Conepatus suffocans feullei* (zorrino del sur)

Los roedores tienen variados representantes característicos de los ambientes acuáticos del delta. La siguiente lista detalla las especies más conspicuas:

Oryzomys delticola (colilargo)
Hesperomys bimaculatus bimaculatus (lauchas)
Akodon areincola hunteri (ratón isleño)
Osymycterus platensis (hocicudo)
Scapteromys aquaticus (rata acuática)
Deltamis kempi (ratón común)
Hydrochoerus hydrocheris notialis (carpincho)
Myocastor coipus bonaerensis (coipo)
Reithrodon typicus typicus (rata peluda)
Holochilus volpirun (rata de bañado)
Cavia pamparum (cuis)
Cremonys talarum talarum (tucotuco)

Los tres tipos de murciélago de la región se detallan a continuación:

Sturnira lilium lilium
Glossophaga soricina soricina
Eunops bonaerensis bonaerensis

Las especies overas más comunes son dos la *Didelphis azarae azarae* y *Lutreolina crassicaudata banaria*. Entre a las especies herbívoras autóctonas el *Blastocerus dichotomus* o ciervo de los pantanos poseía en estas zonas los refugios más australes, aunque hace varios años que no existe referencia de esta especie en la región.

Unas 373 especies o subespecies de aves han sido citadas en la región Mesopotámica sur y pampa húmeda de ellas al menos 162 pueden considerarse comunes a toda la región. A continuación solo se enumeraran las especies más comunes con el objeto de caracterizar el conjunto faunístico estos se destacan 21 especies caradriformes y 24 Fringílicos.

Phalacrocorax albiventer albiventer
Jabiru mycteria
Theristicus curatus curatus
Theristicus curatus melanopsis
Phinobos infuscatus infuscatus

Ajaia ajaja
Cairina moschata
Nettion brsiliense
Nomonyx dominicus
Geranoaetus melanoleucus melanoleucus
Rupornis magnirostris gualris
Geranospiza caerulescens flexipes
Aramus scolopaceus carau
Aramides cajena cajena
Capella undulata gigantea
Pluvialis dominicus dominicus
Larus cirrhocephalus cirrhocephalus
Phaetusa simplex chloropoda
Thectocercus acuaticaudatus acuaticaudatus
Cyanoliseus patagonus patagonus
Sepeotyto cunicularia cunicularia
Tapera naevia chochi
Nyctibeus grseus cornutus
Setopagis parvula párvula
Fluviocola pica albiventer
Pseudocoleopteryx sclateri

Existen tres tipos de Quelonios *Chrysenys dóbrigny*, *Hydromedusa tectífera* y *Phrynops hilaii*, además de ofidios de la familia de los colúbridos, lacertílios, batracios en este caso merece especial mención la especie autóctona *Leptodactylus ocellatus ocellatus*, varios tipos de hílidos. Las especies itícolar comprenden en a familias del tipo de los ciclostomos, engraulidos, cupleidos, caracíndos, anastómidos, gasteropelécidos, hemidontidos, nematognatos, dorádidos, pimelódidos, pigídidos, calíctidos, loricáridos, y ciprinodóntidos. La fauna entomológica se ve representada por individuos de las familias de los neurópteros, dípteros representados por 6 géneros y 15 especies.

Las especies amenazadas en la región del delta son el lobito de río (*Lutra paltensis*) y el ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*) y eventualmente con cierto grado de amenaza el carpincho (*Hydrochoerus hydrocheris notialis*), comadreja overa (*Didelphis azarae azarae* y *Lutreolina crassicaudata banaria*) y nutria. Diversas aves pueden considerarse amenazadas localmente como el Cisne de cuello negro, Gallareta, Pava de monte, Pajonalera de pico recto (fuente: Fundación Vida Silvestre Argentina).

2. METODOLOGÍA

2.1. Resultados de campo y gabinete

En el área de estudio se han realizado una serie de 7 (siete) perforaciones de carácter exploratorio con profundidades finales variables entre 30 m y 72 m. Se cuenta además con datos provenientes de otras perforaciones exploratorias ya

realizadas en la zona y que pudieron incorporarse a la información anterior mencionada.

Existe además información proveniente de superficie en áreas de cauces o canteras obtenidas en viajes al área de estudio, además de datos provenientes de sondeos exploratorios sub-superficiales a partir de barrenados, que corresponden a más de 10 sondeos superficiales con profundidades entre 2 m y 4 m mediante uso de barreno helicoidal, lo cual ha permitido obtener un muestreo continuo y seco de gran cantidad de muestras de sedimentos y material carbonático en algunos de ellos.

El objetivo fue en esta primera etapa, obtener información geológica y sedimentológica a partir de muestras que pudieran ser datadas mediante la presencia de elementos carbonáticos de origen orgánico, en un área escasamente conocida desde el punto de vista estratigráfico e hidrogeológico

- ***Recolección de Muestras***

La ejecución y cegado de las perforaciones, así como de la toma, identificación y conservación de muestras de sedimentos de canaleta realizada en cada metro perforado y al finalizar el sondeo estuvo a cargo de la empresa CC Drill Perforaciones de Gral. Pacheco, Provincia de Buenos Aires. Con el objetivo de tomar muestras de conchillas marinas en los cordones visualizados en las imágenes satelitales y además de muestrear perfiles del suelo en diferentes lugares del delta, se organizó una campaña de relevamiento entre los días 17 y 20 de mayo del 2004. Desde la localidad de Ibicuy, en las cercanías del Puerto Ibicuy, se recorrió los caminos, rutas y vías férreas intentando localizar estos cordones. En los sitios de interés de muestreo se realizó la extracción de las muestras de subsuelo a través de un barreno. Cerca de la localidad de Gualeguay, se procedió también a la toma de muestra en sitios de afloramiento de cordones conchiles. Finalmente, con las muestras recolectadas de esta zona, se concluyó la primera de las campañas de medición y reconocimiento de los cordones deltaicos.

- ***Control de las perforaciones y metodología de construcción de pozos de estudio, perfilaje y Diseño de los piezómetros***

El perfilaje múltiple de pozo se realizó con un equipo de registro continuo, el que registra sobre un visor de cuarzo, cuyo avance está sincronizado con el desplazamiento de las sondas en la perforación. Registra en 4 (cuatro) canales y en forma independiente, cada uno de los cuales posee un control de ajuste de selección.

Está diseñado y construido para operar las siguientes sondas de resistividad: normal corta y larga; lateral y Schlumberger. Simultáneamente a la resistividad registra el potencial espontáneo con las sondas normales. Posee una longitud de 150 m. Es transportable y totalmente portátil y de lectura directa.

La sonda Piezométrica consiste en un cable graduado en centímetros que al hacer contacto con el pelo del agua en las captaciones emite una señal eléctrica que se traduce en un sonido o señal luminosa. La lectura en la cinta determina el valor de

nivel estático. Estos instrumentos se emplean para determinar la profundidad del agua y realizar los ensayos de bombeos.

Se emplea también conductivímetros y peachímetros de campo para su uso en boca de pozo. Los primeros miden la conductividad eléctrica, temperatura y calculan el TDS, conociéndose así el contenido salino del agua subterránea. El segundo mide el pH y la temperatura y se emplea con igual propósito que el anterior.

Se ha empleado también equipos auxiliares con el objeto de mejorar la georreferencia de las captaciones como el empleo de GPS y altímetro barométrico digital de precisión.

- **Control geológico y perfilajes**

Sobre cada área piloto de estudio se ha realizado una fotointerpretación de la zona con el objetivo de seleccionar áreas favorables para los pozos de estudio sin interferencias importantes de otras captaciones de bombeo, además de permitir el espacio suficiente para los futuros estudios geofísicos. Todos ellos han sido digitalizados sobre la base de la topografía previa en los mapas confeccionados durante el estudio convenientemente georeferenciados, además de complementar su ubicación con el apoyo de GPS y con altímetro barométrico digital de precisión.

La supervisión de tareas de perforación y construcción de los freáticos de control y monitoreo, se realizó tomando muestra metro a metro de los recortes de perforación para determinar litología de las unidades y su identificación formacional. Se determinó la columna litológica con el objeto de determinar en cada capa acuífera su aptitud y relación con las unidades acuíferas atravesadas con el objeto de ayudar a comprender la relación del sistema acuífero.

Las sondas de perfilaje múltiple empleadas durante la perforación determinaron la resistividad y potencial espontáneo de los niveles de aporte atravesados, su ubicación y potencia. Se realizaron determinaciones con la normal de corto y largo espaciamiento (0.25 m y 1.00 m), que brindó los registros continuos de resistividad normal corto y largo; y potencial espontáneo. El perfilaje múltiple de pozos permite obtener ciertas características físicas de las rocas o terrenos atravesados por la perforación, difíciles o imposibles de determinar por medio de testigos recuperables, lo que facilita el conocimiento de la litología del subsuelo y de las condiciones hidrogeológicas. Además permite diseñar correctamente los piezómetros y pozos optimizando su rendimiento.

Las técnicas comúnmente utilizadas se clasifican en radiactivas y eléctricas. Dentro de las técnicas eléctricas pueden distinguirse las resistivas de corto y largo espaciamiento con las que se determina la resistividad de las formaciones que atraviesa el sondeo, siendo ésta, función de la porosidad de las rocas, de la salinidad del agua que contienen, como así también del tipo de sedimento. La aplicación de esta técnica requiere que el pozo contenga agua o lodo de inyección y la perforación esté sin entubar. Los valores de resistividad se interpretan seguidamente y pueden corresponder a niveles de aporte de aguas dulces, arcillas o

aguas salobres. La variación de la resistividad para una misma calidad de agua, obedece a diferencias litológicas en la formación.

• ***Tareas de Laboratorio, Tratamiento de Muestras de las Perforaciones***

El primer paso consistió en el secado de las muestras de canaleta de aproximadamente 500 gr. de peso, que se realizó a temperatura ambiente y con la utilización de papel absorbente, luego se procedió a su desagregación mecánica para separar los individuos que la constituyen haciendo hincapié en primer término en la búsqueda y separación de material conchilífero de composición carbonática en aquellas que lo presentaron y que pueda ser sometido a técnicas de datación por radiocarbono, para lo cual se procedió a su separación manual y al uso de pinzas apropiada, luego para el caso de los sedimentos de origen inorgánico se procedió a su desagregación final mediante el uso de mortero y pilón de porcelana con extremo recubierto en goma.

A continuación se procedió al cuarteo manual de la muestra hasta obtener la cantidad de material deseado.

A partir de estas porciones seleccionadas se realizó para todas las muestras obtenidas la descripción del sedimento mediante su análisis macroscópico bajo lupa binocular y cartilla comparativa, estableciéndose color, granulometría, contenido de cementos y clasificación del mismo.

Las descripciones de las muestras pertenecientes se realizaron teniendo en cuenta los valores modales y de proporciones secundarias obtenidos de la observación de lupa en forma cualitativa, sin implicar una clasificación sedimentológica de la muestra por técnicas de cuantificación y con el objeto de señalar únicamente las variaciones texturales .

En el caso de las muestras de la Formación Puelches está previsto realizar luego de la descripción bajo lupa binocular y cartilla comparativa ya hecha, el análisis granulométrico de algunas mediante el cuarteo de muestras de canaleta y la aplicación del método del tamizado mecánico, consistente en el uso de tamizadora tipo Ro-Tap, a partir de muestras de 100 gr en seco.

El análisis conjunto de las distintas muestras de sedimentos de canaleta de toda la perforación así como los resultados de los estudios de datación y de reconocimiento mineralógico podrán permitir posiblemente el reconocimiento de las distintas unidades geológicas atravesadas, las secciones que las componen, así como el tipo de contacto existente entre las mismas.

Por otro lado fueron seleccionadas y enviadas un primer grupo de muestras de sedimentos pertenecientes a estas perforaciones profundas con contenido principalmente de restos carbonáticos de bivalvos moluscos al INGEIS en Buenos Aires para su datación por método de Carbono 14.

- **Tareas de Gabinete**

Se ha realizado la ejecución de los perfiles geológicos columnares preliminares correspondientes a las perforaciones exploratorias realizadas, los mismos constan de los siguientes Items: Identificación del Pozo, Descripción Litológica, Clasificación Textural a partir de la graficación lineal de los segmentos observados, Graficación de la Textura, Profundidad y Unidad involucrada. Entre ellos tenemos: Los perfiles litológicos de pozo sintetizados pueden observarse en el Aneo HI Perfiles Litológicos

2.2. Cartografía Base y Temática

En esta etapa del estudio se esta incluyendo y generando un GIS sobre la base de la cartografía existente. La cartografía base se ha integrado digitalizando y correlacionando la información proveniente del IGM. La cartografía específica elaborada es escasa; se han incluido algunos mapas parciales de algunos aspectos del Delta. En muchos casos, estos deben considerarse como información puntual o aislada del ambiente ya que no existe forma de validar la misma. En los caso en que fue posible acceder a la información de bases de dichos estudios se ha integrado a este.

- **Productos realizados, Cartografía Temática**

- ✓ Mapa fisiográfico de la región y ubicación del área de estudio (mapa 1).
- ✓ Fotointerpretación de la región de estudio y referenciamiento de la misma a la cartografía de base (mapa 1 y 2).
- ✓ Mapa de usos del suelo en relación urbanización y áreas verdes (mapa 1 y 2).

3. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Atlas Estadístico de la Prov. De Entre Ríos, 1995. Dirección de Estadísticas y Censos. Prov. de Entre Ríos, Pag 24-47 y 65-76.

Bertolini J.C., 1995. Mapa Geológico de la Prov. de Entre Ríos, SEGEMAR, Argentina.

Burkart, A. 1957. Ojeada Sinóptica sobre la flora del Delta del Paraná. Darwiniana 1(3):457-561. Argentina.

Chebli, G., O. Tófalo y G. Turazzini, 1989. Mesopotamia. En: Chebli, G. y L. Spalletti (Ed.) Cuencas Sedimentarias Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica N° 6: 79-100, Tucumán.

Cigliano E., 1966. Contribución a los fechados Radiocarbónicos Argentinos. Rev del Museo de la Plata. Sec Antropología. 4:1-16.

Gentili, C. y H. Rimoldi, 1979. Mesopotamia. Academia Nacional de Ciencias, Segundo Simposio Geología Regional Argentina, 1: 185-223, Córdoba

Iriondo M., 1973. Informe Preliminar sobre el Yacimiento de Arenas para Vidrio de la Zona de Ibucuy, Dpto. de Gualeguaychú, Entre Ríos, Inf. Tec. VASA.S.A (Inédito)

Iriondo M. Y Scotta E., 1978. The Evolution of the Paraná River Delta. Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, San Pablo, Brasil pag 405-418.

Iriondo M., 1980. Esquema Evolutivo del Delta del Paraná durante el Holoceno. Simposio sobre Problemas Geológicos del Litoral Atlántico Bonaerense. Resúmenes pag 73-88. Comisión de Investigaciones Científicas de Mar del Plata

INTA, 1980. Suelos y Erosión de la Provincia de Entre Ríos, Estación Experimental Paraná. Tomo HI

INTA, 1981. Carta de Suelos del Delta Entrerriano. Aptitud Forestal de los Suelos. Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, Departamento de Suelos. Bs.As. Argentina

Malvárez A.I., 1995. Las Comunidades Vegetales del Delta del Río Paraná. Dptp de Biología, UBA. Tesis Doctoral. Inédita.

Parker G. y Marcolini S., 1992. Geomorfología del Delta del Paraná y su extensión hacia el Río de la Plata, RAGA, N°47 pag 243-249.

Paterlini M., Parker G, Costa I., 1992. Afloramientos de las Arenas Puelches en el Río de la Plata Superior. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas Tomo II, pag 213-219.

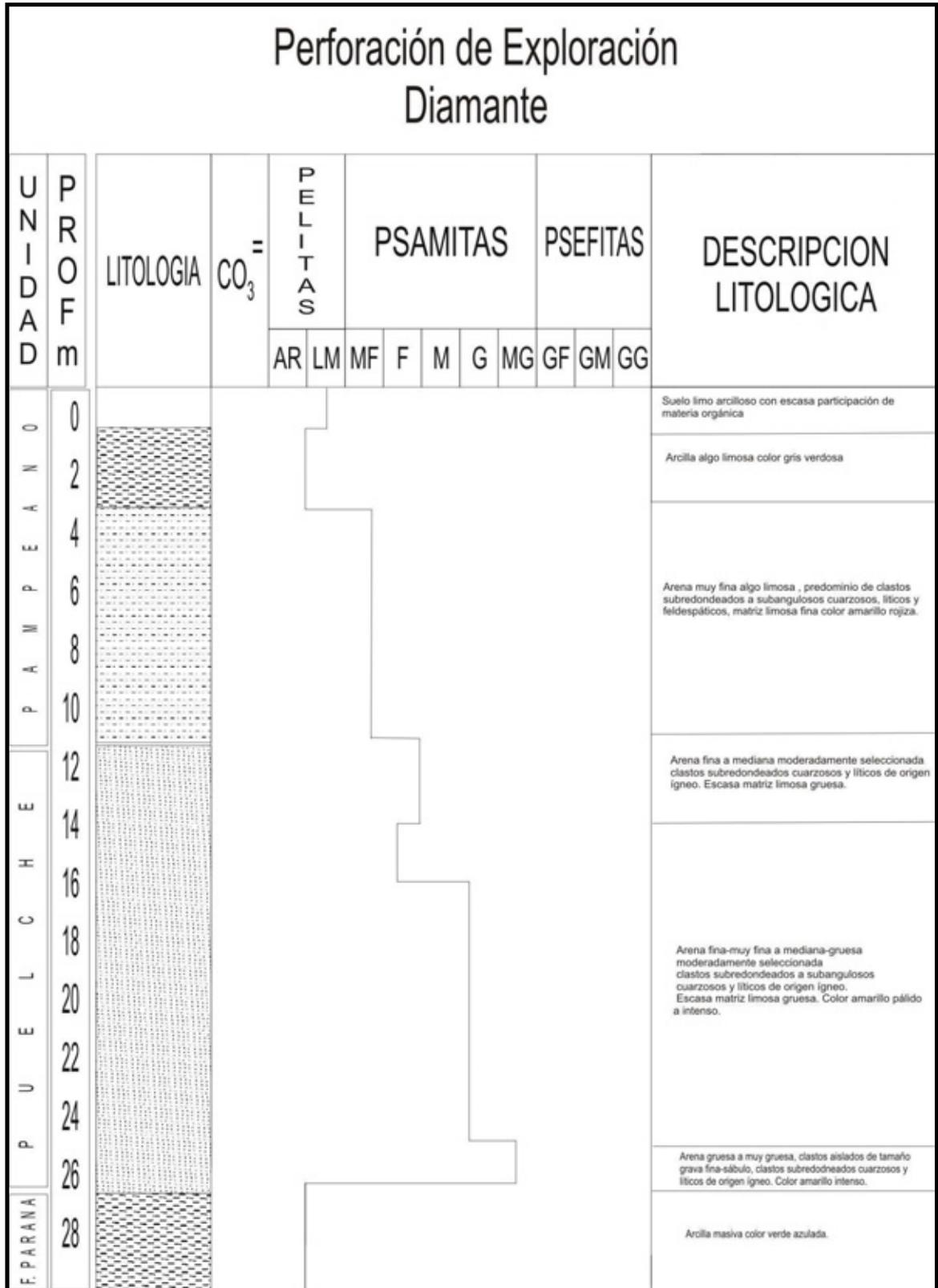
Santa Cruz, J., 1972b. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina Revista 27(1): 5-62, Buenos Aires

Santa Cruz J.N, 1993 Aspectos e Hidrogeológicos e Interpretación de una Nueva Caracterización Formacional de la Subyacencia del Acuífero Puelches. Seminario Hispano-Argentino, Mar del Plata, Argentina. Pag 261-272..

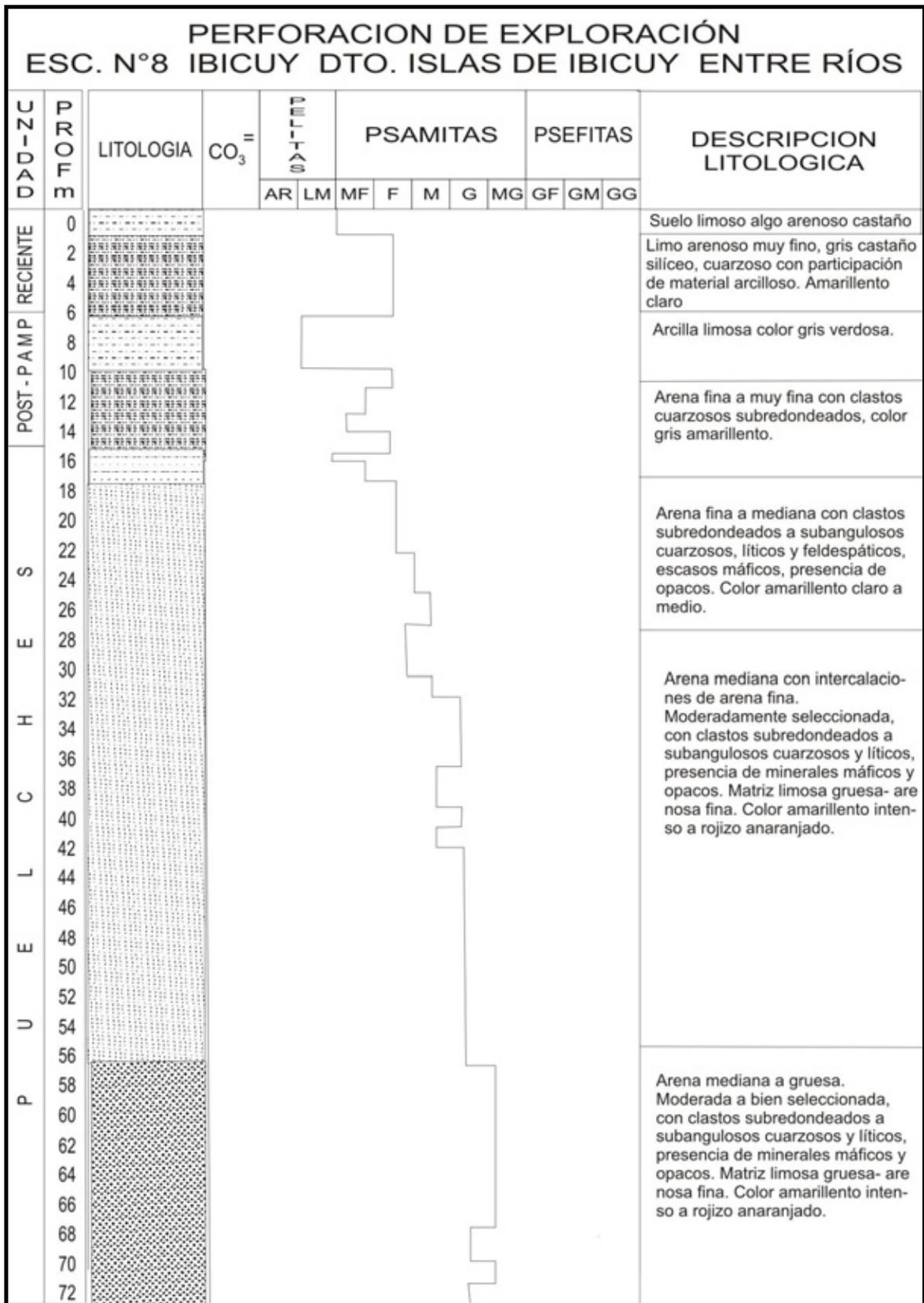
Silva Busso, A. 1997. Estratigrafía y Correlación de los niveles Mesozoicos de las Captaciones del Agua Termal de la Región Mesopotámica Argentina y Litoral Uruguayo, Congreso Internacional Sobre Aguas, apartado 2-3, UBA, UNESCO, Buenos Aires, Argentina.

Santa Cruz y Silva, 1999. Escenario Hidrogeológico General de los Principales Acuíferos de la Llanura Pampeana y Mesopotamia Septentrional Argentina. II Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales en Hidrología Subterránea. En Prensa.

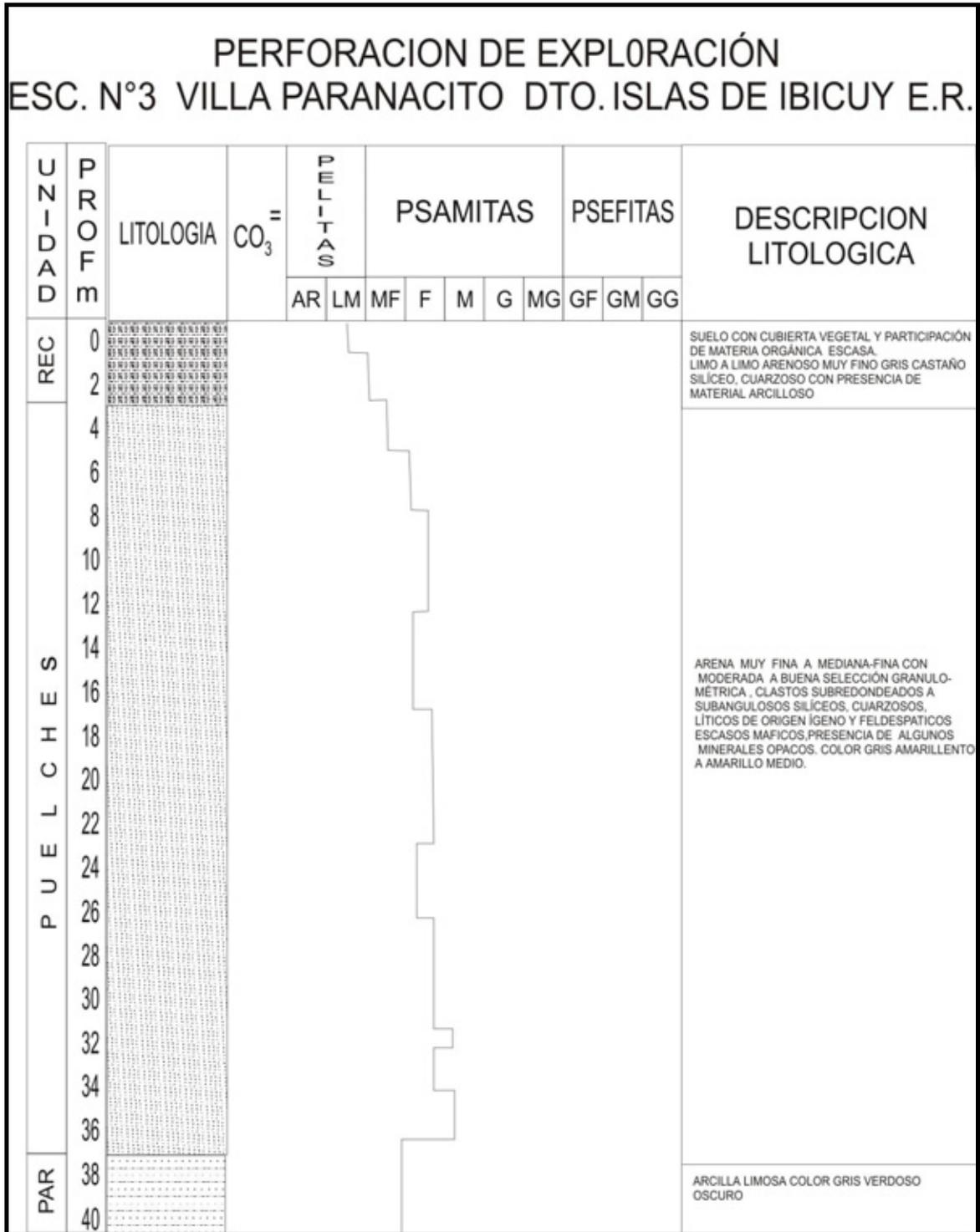
ANEXO I:
PERFILES LITOLÓGICOS



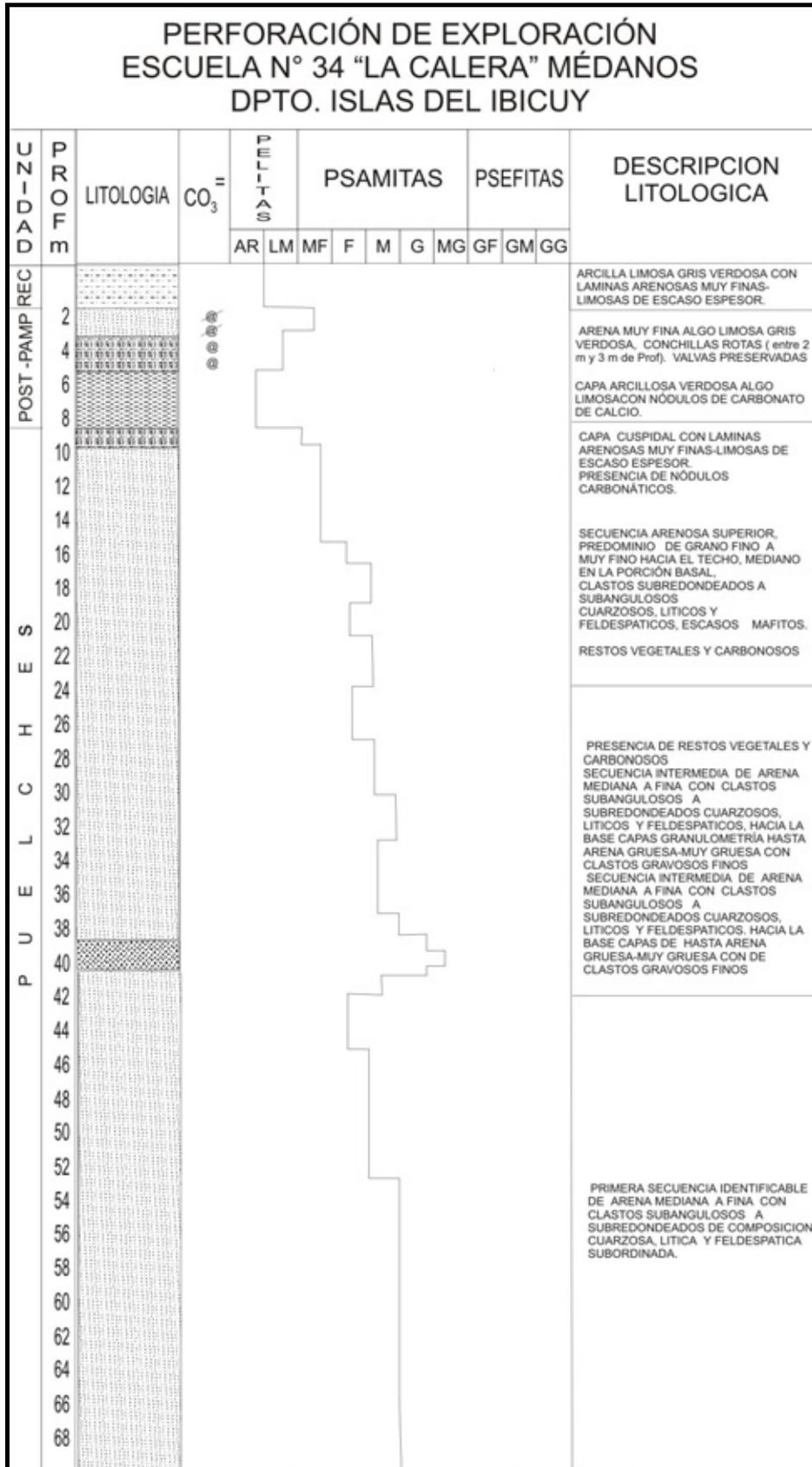
Perfil 1. Pozo exploratorio de Estudio



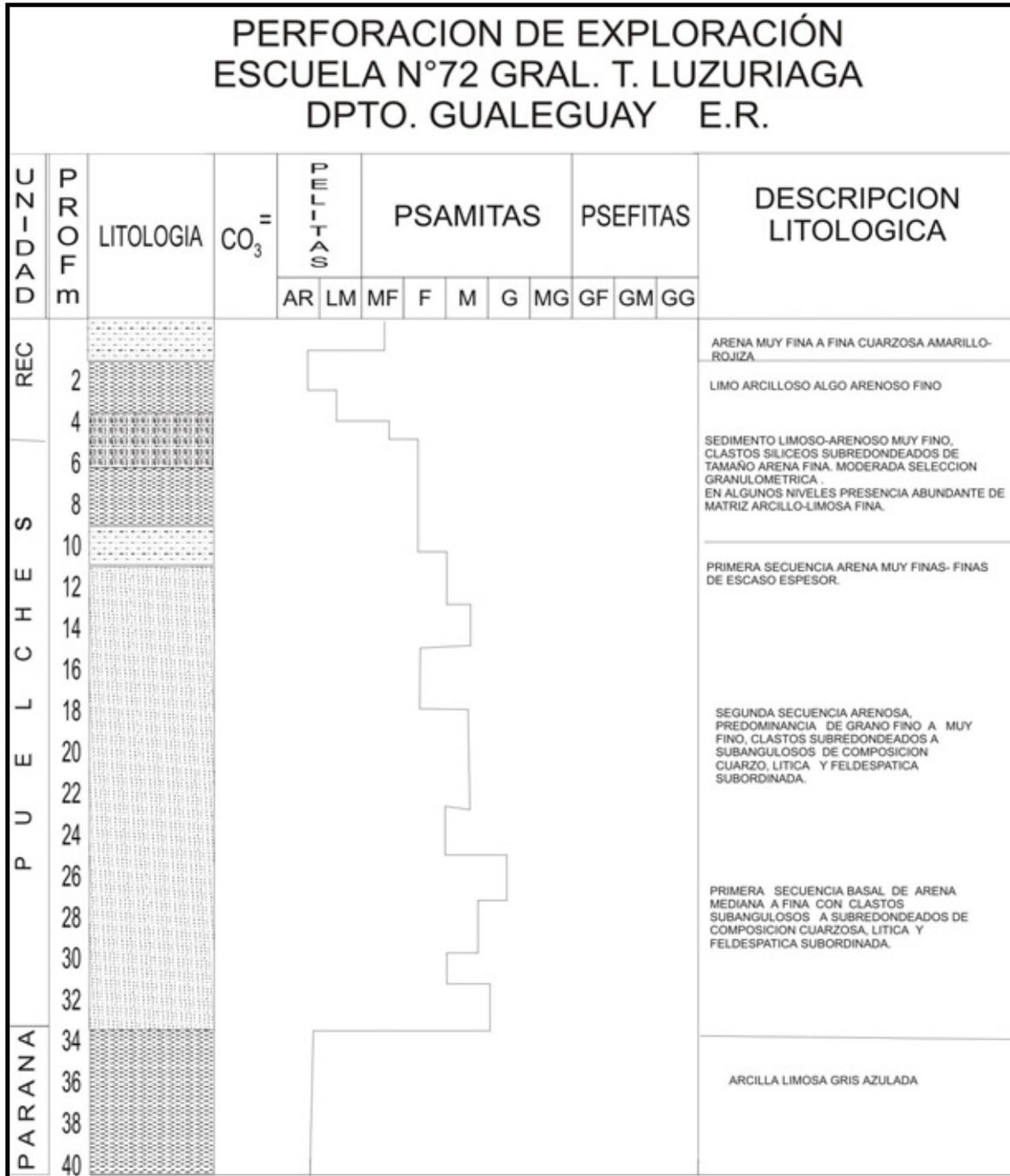
Perfil 2. Pozo exploratorio de Estudio



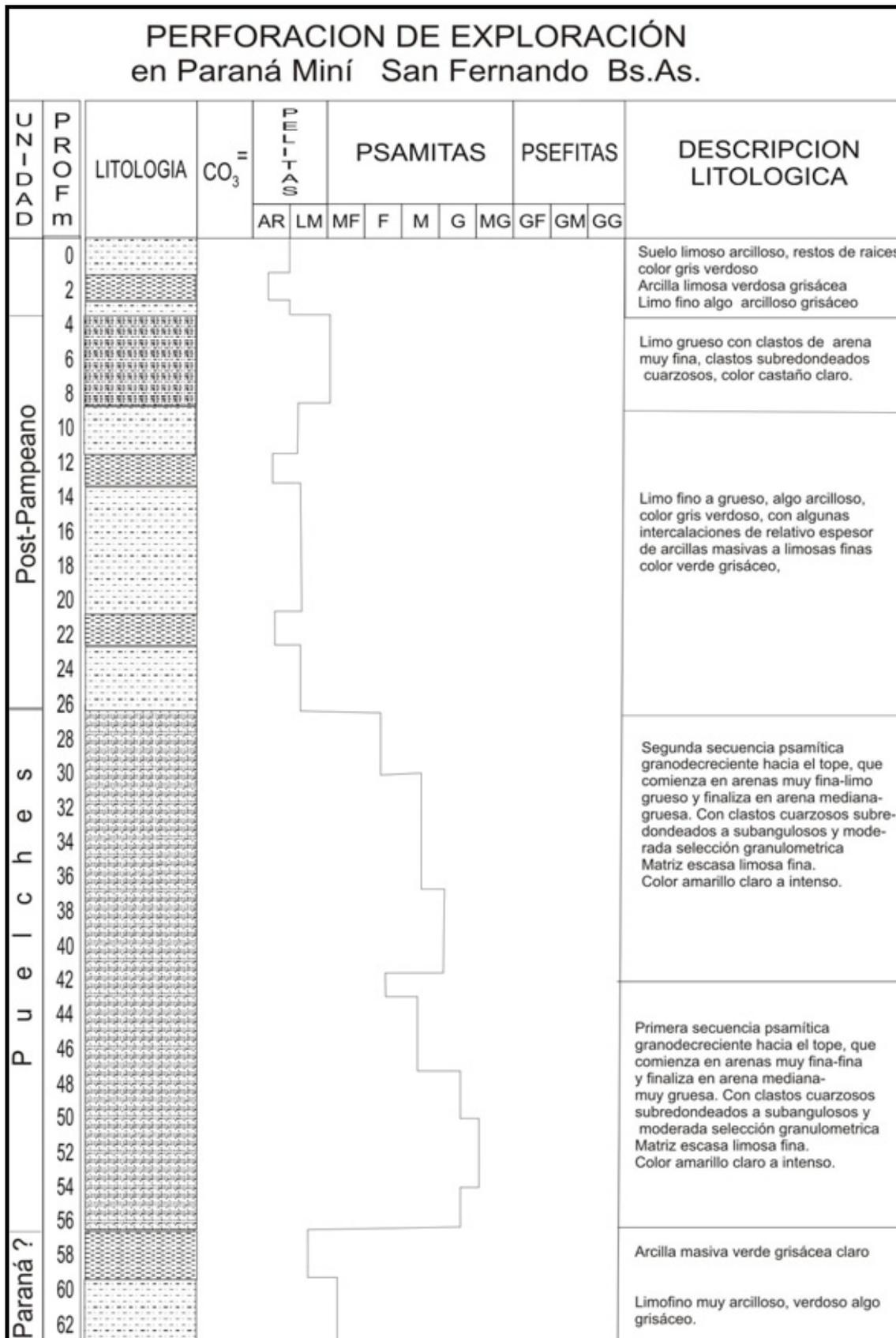
Perfil 3. Pozo exploratorio de Estudio



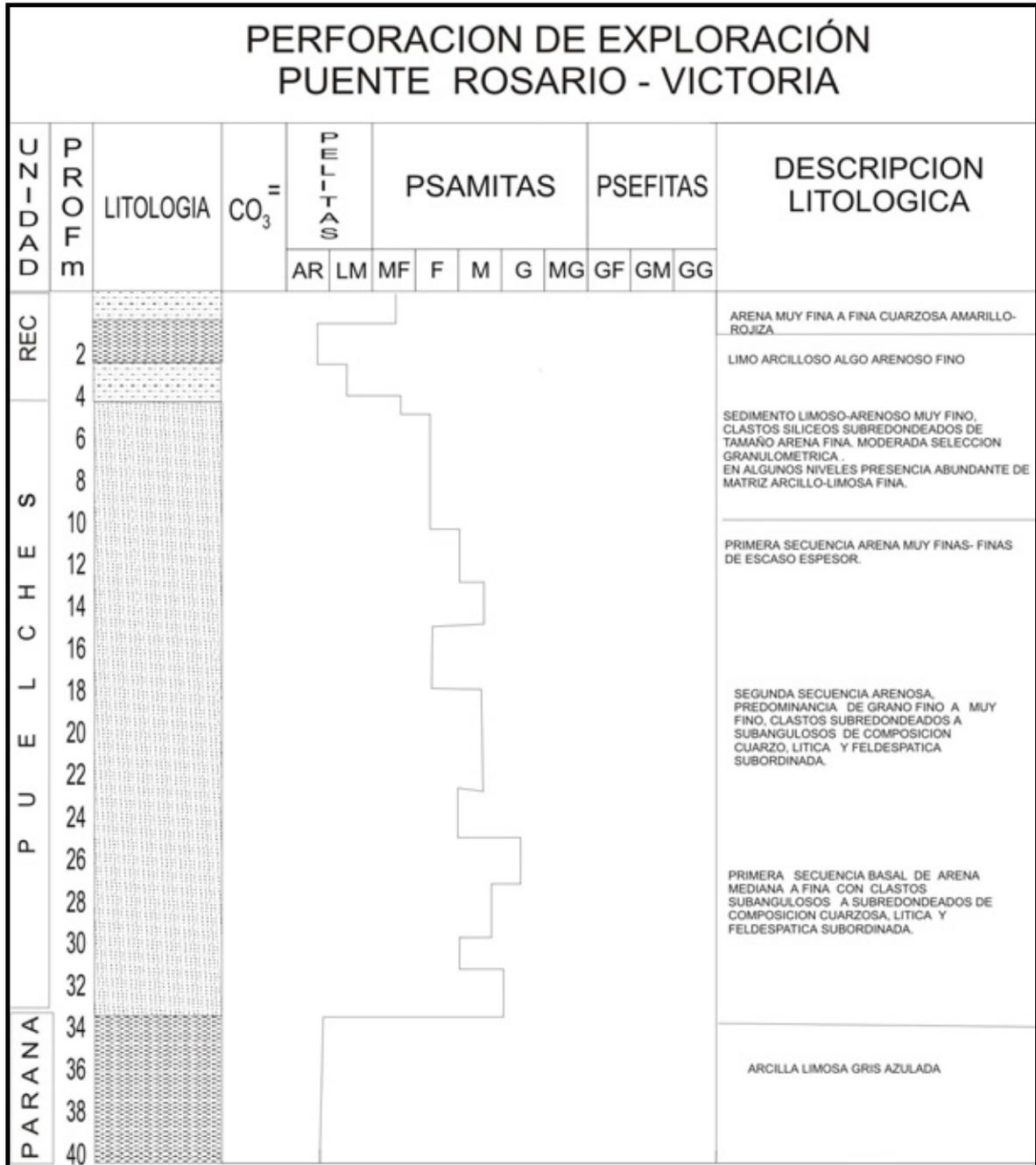
Perfil 4. Pozo exploratorio de Estudio



Perfil 5. Pozo exploratorio de Estudio

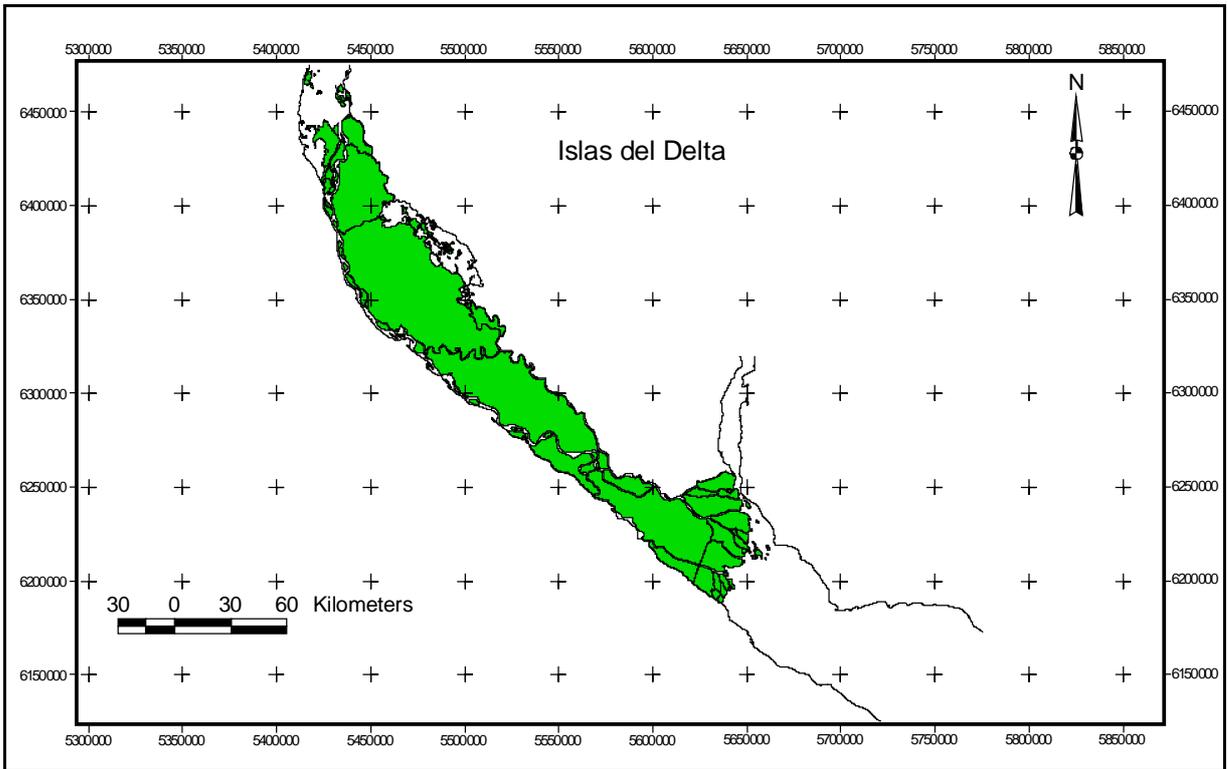


Perfil 6. Pozo exploratorio de Estudio

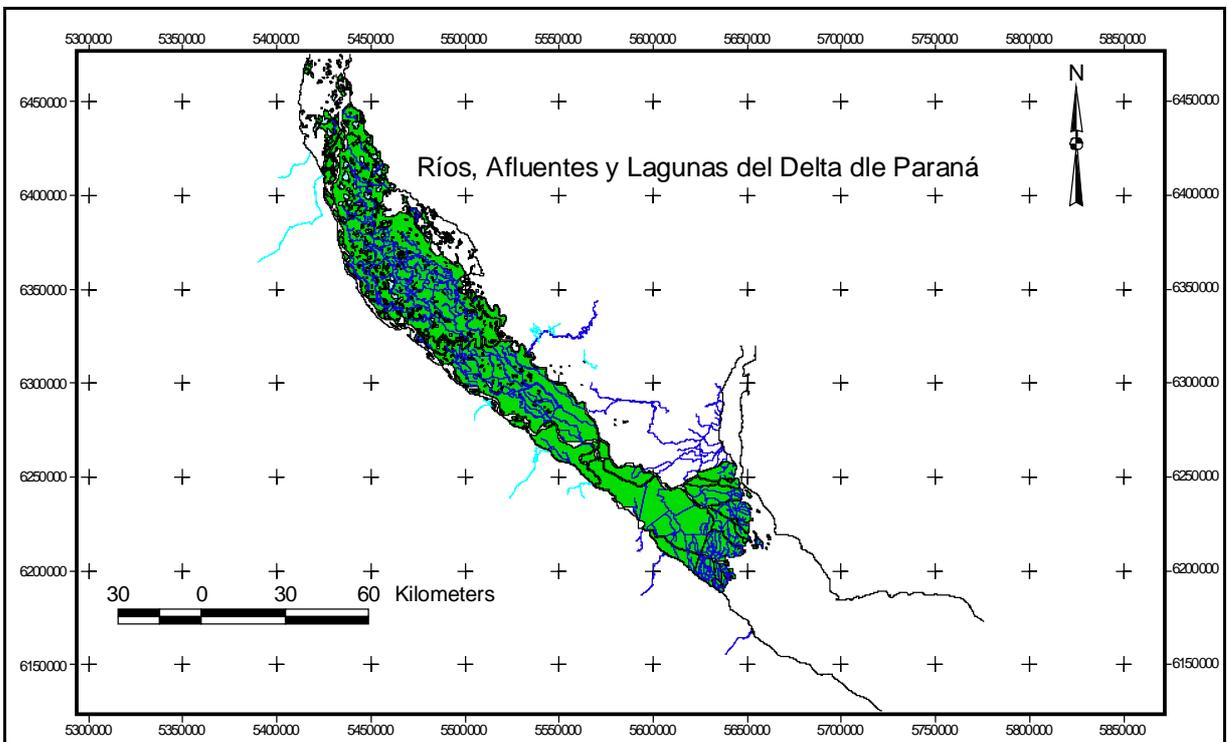


Perfil 7. Pozo exploratorio de Estudio

ANEXO II:
CARTOGRAFÍA TEMÁTICA



Mapa 1. Mapa base islas y costas tomado de Carta Imagen del IGM, 1995.



Mapa 2. Mapa base islas, costas, red de drenaje, afluentes y lagunas tomado de Carta Imagen del IGM, 1995.

ANEXO III:
FOTOGRAFÍAS DE CAMPAÑA



Foto 1: Equipo de trabajo: Dr. Adrián Silva Busso, Lic. Nicolás Seoane, Lic. Sergio Amato e Ing. Marcos Pittau



Foto 2: Imagen de los depósitos cordoniformes de las posibles paleo-barras estuáricas.



Foto 3: Movilidad (zorra vial) y equipo en la zona de estudio.



Foto 4: Toma de muestras sin disturbar con el uso del barreno.



Foto 5: Extracción y análisis de la muestra barrenada .



Foto 6: Anotaciones de observaciones geológicas sobre le Río Paranacito.



Foto 7: Material conchil aflorante en Río Gualeguay, Área de desembocadura.



Foto 8: Niveles de conchillas observadas en el perfil, Arroyo Gualeguay, Cuenca Inferior.



Foto 9: Geometría de los cordones de conchillas, Río Gualeguay.



Foto 10: Intercalación de niveles de conchillas y niveles arenoso.



Foto 11: Continuidad lateral de los niveles conchiles, Cuenca Inferior del Río Gualeguay.



Foto 12: Atardecer sobre el Río Gualeguay y desembocadura en el Río Ibicuy.