

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL ARROYO EL PALMAR
PROVINCIA DE ENTRE RÍOS



Autor: Javier I. Masú

Director: Dr. Adrián A. Silva Busso

Codirector: Dr. Diego A. Winocur

2024

Resumen

El área de estudio corresponde a la cuenca del arroyo El Palmar, la que se ubica en el sector centro oriental de la provincia de Entre Ríos, sobre la costa del río Uruguay. La misma, ocupa una superficie aproximada de 50600 has y se sitúa, en su mayor parte, dentro del departamento de Colón y una porción mínima en el departamento de San Salvador. Geológicamente pertenece a la cuenca Chacoparanense y la interpretación geológica se realizó integrando las regiones circundantes, ya que en muchos casos es difícil comprender la geología de subsuelo local si no se tiene una visión del contexto de esta región. Sumado a ello, son muy escasos los afloramientos de las unidades que permitan una clara identificación, por la cobertura de suelo, vegetación y la escasa topografía, por lo que es de vital importancia el reconocimiento de las unidades en pozos disponibles. A nivel cuenca, en el área de estudio solamente el mapa geológico del SEGEMAR 1:500000 (Bertolini, 1995) integraba la geología de superficie.

El análisis geológico se basó principalmente en la identificación y descripción de los afloramientos correspondientes a las unidades superficiales presentes en el área de interés, lo que permitió elaborar un mapa geológico a escala 1:100000, principal objetivo del presente trabajo. Así también, se utilizaron registros de *cutting* obtenidos durante la ejecución de captaciones de agua subterránea en la zona de estudio y, como apoyo para el conocimiento de la estratigrafía de la región, sondeos eléctricos verticales (SEVs) realizados en el área de interés en trabajos antecedentes.

De la observación del mapa geológico realizado, se puede aseverar que en la cuenca alta del arroyo El Palmar se presenta la Formación Hernandarias, pudiendo estar en contacto transicional, a partir de la cuenca media, con la Formación Ubajay, la cual se despliega desde la cuenca media hasta la cuenca baja del arroyo mencionado. En un sector restringido de la desembocadura del arroyo El Palmar al río Uruguay, se presentan afloramientos de la Formación Puerto Yeruá. Así también, a partir de la evaluación de *cutting* y los SEVs, se pudo plantear una transecta de dirección NW-SE en la cual se

interpretó la geometría de las unidades atravesadas en cada perforación. El modelo planteado, respecto a la geometría de las unidades, permitió inferir la existencia de una falla con rumbo N-S, paralela a la Ruta Nacional N°14, con bloque hundido hacia el W, la cual incide sobre las Formaciones Puerto Yerúa y Paraná, sin expresar manifestaciones en superficie. Lo planteado es un aporte de base para comprender el modelo hidrogeológico local, dado que las formaciones mencionadas contienen el agua subterránea que se explota en la región, ya sea para abastecimiento de las poblaciones ubicadas en la cuenca, como así también para el desarrollo de la actividad agrícola, en especial la arrocería.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer al departamento de geología de la FCEN – UBA, junto con todo su cuerpo docente, por los años vividos y compartidos durante toda la cursada. Son muchas horas las transcurren en el departamento, al menos entre 5 y 6 años, y realmente se establecen, durante ese tiempo, interacciones que uno se lleva para toda la vida.

A mi director, el Dr. Adrián Silva Busso, con quien compartimos y disfrutamos todas las campañas realizadas para este trabajo y, aún hoy, seguimos compartiendo actividades en común y continuamos la amistad que nos permitió generar este trabajo realizado. Igual agradecimiento a mi codirector, el Dr. Diego Winocur, quien, sin su generosa y desinteresada ayuda y junto con Adrián, literalmente hoy no estaría escribiendo este texto. La insistencia y ayuda de ambos logró que, de una buena vez, alcance finalizar esta bendita etapa.

A los doctores Rubén López y Diego Kietzmann, quienes fueron jurados de este trabajo y me ayudaron a poner en valor la información volcada en el informe y, con sus correcciones y sugerencias, se logró mejorar sustancialmente el trabajo final.

Al personal del Parque Nacional El Palmar por el apoyo logístico y de hospedaje brindado en cada campaña, y un agradecimiento personal al Lic. Aristóbulo Maranta, quien siempre se mostró interesado en los temas tratados en este trabajo y brindó su ayuda personal cuando fue solicitado.

A mis padres, Alfredo y Noemí, quienes me han dejado tempranamente, pero el tiempo vivido juntos me demostraron el amor que existió entre ellos y el orgullo que tuvieron de la familia que formaron. A ellos no tengo más que agradecerles las convicciones que me transmitieron y el sentimiento de lucha permanente para enfrentar el día a día. A mi hermana, María Eugenia, porque siempre estuvimos juntos en los momentos duros vividos y por el apoyo que nos dimos en momentos de soledad.

A mis abuelas y tías, quienes la mayoría ya no están, mi agradecimiento será eterno porque sin su apoyo, compañía y contención, hoy no estaría escribiendo estas palabras.

A mis contados pero entrañables amigos, Luis Blacha, Sebastián Estrada y Alejandro Celli con quienes, a pesar de las distancias, los desencuentros y los distintos intereses, seguimos encontrando excusas para vernos y compartir buenos momentos. A ellos agradezco también el apoyo que me brindaron durante los malos momentos vividos.

A mis compañeras y compañeros de camada (26 si mal no recuerdo), con Wurzita incluido, por los buenos momentos compartidos durante la cursada, post cursada y partidos jugados. Las experiencias vividas, aunque cueste cada vez más juntarnos para recordarlas, van a ser siempre imborrables. Salud por habernos encontrado!

Y, por último, mi agradecimiento especial a mi señora, Victoria, y mis 2 hermosos hijos, Ignacio e Hilario, hoy con 4 y 1 año respectivamente, quienes fueron el empuje final para que me abstraiga y, al menos de a ratos, logre concentrarme para poder finalizar con este trabajo que venía postergando durante muchos años.

Si llegaron con su lectura hasta acá, una última sugerencia (no soy quien para dar consejos), cualquier motivo siempre va a ser una excelente excusa para no terminar... se los dice un experto en excusas, TERMINEN! Hasta pronto y buena vida.

INDICE

Resumen.....	2
Agradecimientos.....	4
1. Generalidades	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Objetivos	7
1.3 Síntesis geográfica	8
1.4 Síntesis climática.....	8
1.5 Características generales de la cuenca del área de estudio ...	9
1.6 Edafología.....	10
1.7 Flora y fauna	12
1.8 Usos del suelo	13
1.9 Metodología.....	15
2. Antecedentes	17
2.1 Marco geológico de la cuenca chacoparanense	17
2.2 Marco tectónico de la cuenca chacoparanense.....	34
3. Caracterización geológica de la cuenca del arroyo El Palmar .	37
3.1 Estratigrafía de la cuenca del arroyo El Palmar	37
3.1.1 Cretácico Superior – Formación Puerto Yerúa (De Alba y Serra, 1959).....	37
3.1.2 Mioceno - Formación Paraná (Camacho, 1967; Yrigoyen, 1969; Aceñolaza, 1976; Herbst y Zabert, 1987).....	40
3.1.3 Plioceno - Formación Salto Chico (Rimoldi, 1963)	41
3.1.4 Pleistoceno – Formación Hernandarias (Roig, 1956)	42
3.1.5 Holoceno - Formación Ubajay (Gentili y Rimoldi, 1979).....	43
3.1.6 Sedimentos Fluviales/Lacustres Actuales.....	46
3.2 Perfiles de perforaciones	47
3.3 Geología superficial y subsuelo (Plio-pleistoceno/Actual)...	73
4. Conclusiones	78
Bibliografía	79
Anexo	85

1. Generalidades

1.1 Introducción

El presente trabajo final de licenciatura nace a partir de la motivación de poder desarrollar un estudio cuyo eje central sea el de caracterizar la geología en un área protegida, tomando como unidad de trabajo la cuenca hidrológica a la cual pertenece.

El estudio tuvo su origen en el área del Parque Nacional El Palmar y luego se extendió a toda la cuenca hidrológica, motivo que permitió resolver ciertos interrogantes geológicos que investigaciones regionales no abordaron.

Es importante destacar que el conocimiento geológico del área de estudio permite contar con información de base para el desarrollo de temas diversos que se abordan en un escenario como es la geología de llanura y, por citar algunos ejemplos, se aplicaría en la gestión de recursos hídricos subterráneos y superficiales, usos del suelo, antropología, biodiversidad y recursos minerales.

Si bien existen diversos trabajos geológicos realizados en el área de interés, ninguno incluye la cuenca hidrográfica en su conjunto, y el conocimiento de base debe remitirse al mapa geológico elaborado por el SEGEMAR (Bertolini, 1995) cuya escala es de 1:500000. Dada la magnitud de dicha escala, no contempla en detalle la presencia de unidades geológicas que el presente trabajo permitió identificar.

1.2 Objetivos

Los objetivos geológicos del presente trabajo son:

- Caracterizar la geología de la cuenca hidrológica del arroyo El Palmar a partir de las unidades aflorantes y subsuperficiales.
- Confeccionar un mapa geológico de la cuenca a escala 1:100000.
- Correlacionar las unidades aflorantes con las presentes en profundidad para comprender la geología de la cuenca del arroyo El Palmar de manera integral.

1.3 Síntesis geográfica

Este estudio se realiza territorialmente en la provincia de Entre Ríos que constituye, junto con las provincias de Corrientes y Misiones, la denominada “Mesopotamia argentina”. Esta área, que a excepción del extremo norte de Misiones está delimitada básicamente por los dos grandes ríos Paraná y Uruguay. Particularmente, la provincia de Entre Ríos posee una superficie total de 78781 km² caracterizada por una geomorfología donde se distinguen un relieve de lomadas y valles de importantes ríos interiores como son el Gualaguay, Gualaguaychú, Guayquiraró, Nogoyá, Feliciano y gran cantidad de afluentes menores con desembocadura en los grandes ríos Paraná y Uruguay que limitan la provincia en el oeste y el este respectivamente. El complejo sistema deltaico del Plata la limita hacia el sur confirmando a esa región características propias y posee las cotas topográficas más bajas cercanas al nivel del mar. El relieve presenta un gradiente ondulado y la zona se encuentra modelada y surcada por gran cantidad de cursos fluviales y pequeñas cañadas. Se destacan algunas escarpas topográficas formadas por rocas duras como por ejemplo areniscas silicificadas en la desembocadura de los arroyos menores en el río Uruguay, calcretes o basaltos. El proceso fluvial es el agente geomorfológico más importante como moderador del paisaje de la región.

1.4 Síntesis climática

La comarca se encuentra ubicada dentro de los climas de dominio Atlántico que deben, con la diferenciación de sus distintos tipos a la existencia de un gradiente térmico atmosférico a consecuencia de las variaciones latitudinales de la radiación solar, combinados con marcadas diferencias pluviométricas. Está dividida en dos regiones climáticas: una pequeña franja al norte de la provincia que corresponde al clima subtropical húmedo de llanura y otra que cubre el resto de su territorio y corresponde al clima templado húmedo de llanura (INTA, 2002). La región de clima subtropical húmedo de llanura se caracteriza por inviernos suaves donde la amplitud térmica no excede los 13°C y el alto grado de humedad del aire reduce su oscilación diaria. La región de clima templado húmedo de llanura se caracteriza por su condición de

planicie abierta sin restricciones a la influencia de los vientos húmedos del nordeste; al accionar de los vientos secos y refrigerantes del sudoeste (causantes de los cambios repentinos en el estado del tiempo) y a los vientos del sudeste aire frío saturado de humedad, que da lugar a semanas enteras de cielo cubierto, lluvias y temperaturas muy estables. La influencia constante de los vientos del nordeste influye en las abundantes precipitaciones (1200 mm anuales). Las precipitaciones anuales disminuyen en forma gradual de NE a SO, desde 1200 a 900 mm anuales. En los meses de invierno los mayores porcentajes de lluvia se registran en la parte oriental de la provincia y los menores, en la occidental. Lo contrario ocurre en el verano, época en que la zona más lluviosa se encuentra en la parte occidental.

1.5 Características generales de la cuenca del área de estudio

El área de estudio es la cuenca del arroyo El Palmar, la que se ubica en el sector centro oriental de la provincia de Entre Ríos, sobre la costa del río Uruguay. La misma, ocupa una superficie aproximada de 50600 has y se sitúa, en su mayor parte, dentro del departamento de Colón y una porción mínima en el departamento de San Salvador. En la figura 1 se observa la ubicación de la mencionada cuenca y los caminos principales que se encuentran dentro de la misma. Los principales sitios poblados dentro de la cuenca son las localidades de Ubajay con 3507 habitantes y Arroyo Barú con 632 habitantes (INDEC, 2010) ambas pertenecientes al departamento de Colón, cuya cabecera es la ciudad homónima que se encuentra fuera del alcance del presente trabajo. La cuenca baja del arroyo mencionado ocupa parte del territorio perteneciente al Parque Nacional El Palmar, el cual posee 8500 Has. en total y su objetivo principal es el de preservar los palmares de yatay o *yataí*, junto con el ecosistema asociado a los mismos.

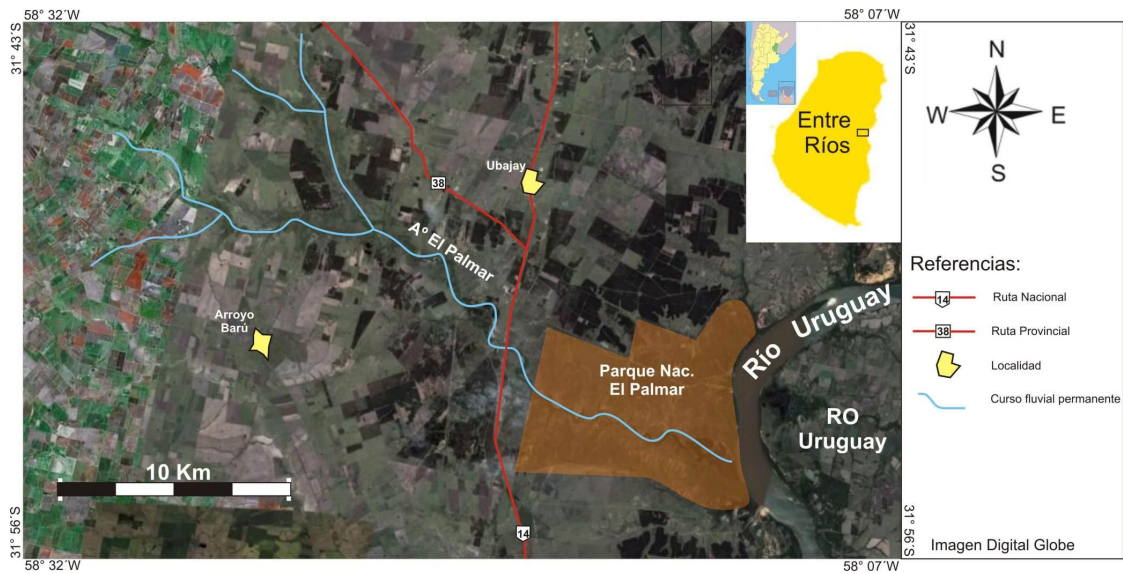


Figura 1. Imagen satelital con la ubicación del área de estudio.

1.6 Edafología

La provincia de Entre Ríos, debido a la diversidad de factores pedogenéticos existentes y el grado de incidencia de cada uno de ellos en situaciones particulares y alternativas reflejadas en la morfogénesis de los individuos-suelos, hace que esta provincia exhiba un verdadero catálogo de suelos. Dentro de su territorio se encuentran, hasta hoy, 8 de los 10 órdenes que contempla la clasificación taxonómica del sistema norteamericano vigente (*Soil Survey Staff*).

Existen estudios de suelos de detalle en la zona de la cuenca del Arroyo Palmar (a excepción del parque nacional) a partir de la realización de la carta de suelos del departamento de Colón, Entre Ríos (1:100000) por el INTA (2002). A continuación, se citarán los suelos, a nivel orden, que existen en el área que abarca la cuenca del arroyo El Palmar visible en la Figura 2.

Molisoles

Los molisoles son los suelos agrícolas más importantes de la región pampeana y se caracterizan por contar con alta humificación y contar con abundante cantidad de materia orgánica. Para el caso de la cuenca del arroyo El Palmar, estos suelos se sitúan en la cuenca media y alta, entre las zonas interfluviales de los cauces tributarios del arroyo El Palmar.

Entisoles

Este orden de suelos se caracteriza por ser similar al material originario, pero con actividad de flora y fauna. En la cuenca del arroyo El Palmar, estos suelos se sitúan sobre la planicie aluvial del cauce, y su poco desarrollo se debe a los procesos de erosión y depositación continua generado por la dinámica propia del sistema fluvial.

Vertisoles

Estos suelos son ricos en arcillas montmorillonítica expansibles y se presentan en diversos climas y topografías. Son los suelos típicos de la provincia de Entre Ríos y los que mayor superficie ocupan en la misma. Su desarrollo se atribuye a la Formación Hernandarias (Bertolini, 2001) y en la cuenca del arroyo El Palmar puede observarse su presencia en las zonas interfluviales con las cuencas hidrográficas lindantes, donde no habría una acción erosiva de relevancia.

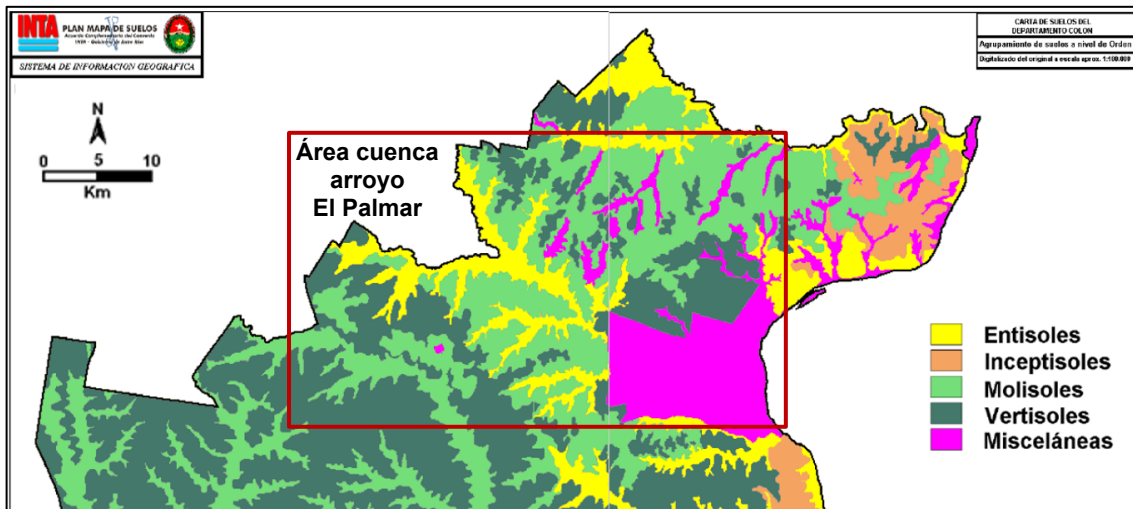


Figura 2. Sector norte del mapa de suelos a nivel de orden del departamento de Colón, provincia de Entre Ríos. Modificado de INTA (2002), donde se remarca la zona aproximada que ocupa la cuenca del arroyo El Palmar.

1.7 Flora y fauna

En lo que respecta a la flora, la especie predominante es la palmera *Syagrus* (*Butia*) *yatay*, denominada vulgarmente como yatay o yataí, lo que en guaraní significa “fruto duro, pequeño”. Esta esbelta palmera de unos 12 metros de altura, posee hojas pinadas de alrededor de 2 m de longitud y tronco de 40 cm de diámetro aproximadamente (Correa Luna, 1974). En la zona ocupa gran extensión de la parte baja de la cuenca, donde se sitúa el Parque Nacional El Palmar, el cual tiene como objetivo primordial, el cuidado y conservación de esta especie. La palmera yatay es autóctona y ocupaba gran parte del territorio entrerriano, correntino y santafecino, pero la actividad del hombre, principalmente la agrícola ganadera y forestal, hizo que la presencia de esta especie se restringiera solamente al sector centro oriental de la provincia de Entre Ríos. Correa Luna (1974) menciona también, como especie natural, la presencia en el área de estudio del “espinillo”, árbol de pequeñas flores aromáticas, en cabezuelas amarillas. El predominio del “espinillo” se encuentra reflejado en los bajos locales y suelos arcillosos.

Respecto a la fauna, la zona alberga numerosas especies, pero es fundamental la mantención de poblaciones de carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*): roedor muy perseguido por el valor de piel y lo apetecible de su carne, vizcachas (*Lagostomus maximus*): animal hostigado por productores en campos agrícolas y ganaderos por daños provocados por las cuevas,

Mazama guazubira la recuperación de sus poblaciones es muy reciente en el Parque, pero se verifica una disminución marcada en el resto del territorio, *Procyon cancrivorus*, *Lynchailurus pajeros*, *Oncifelis geoffroyi*, *Herpailurus yaguaroundi* (felidae) así como los zorros *Cerdocyon thous* y *Licalopex gymnocercus* fundamentalmente con problemas de disminución de hábitat. El ñandú (*Rhea americana*), ave de gran porte ligada culturalmente a los pobladores locales por el uso alimenticio y artesanal de su plumaje, nidifica en el Parque Nacional El Palmar, pero en mayor cantidad en estancias vecinas asociada a campos de producción ganadera y agrícola. En la zona existe además una colonia de rayadores y gaviotines, con más de 100 parejas en el verano. Se la observa desde hace unos 60 años, está compuesta por las especies *Rynchops nigra*, *Sterna superciliaris* y *Phaetusa simplex*. Se encuentran también poblaciones de Chorlito de collar (*Charadrius collaris*), que, si bien no interactúan con las otras especies en la defensa de los nidos, comparten los lugares de cría. En cuanto a la fauna, en la actualidad se encuentran zorros, hurones y especialmente vizcachas. Los arroyos están poblados de carpinchos, nutrias y lobitos de río. Entre las aves, abundan los loros y los avestruces (Correa Luna, 1974). Existe una marcada presencia del jabalí, especie que ha sido introducida por el hombre en el área de la cuenca y hoy es combatida dado que su presencia pone en riesgo de vida la palmera Yatay.

1.8 Usos del suelo

Conocer y describir los usos del suelo de la zona de interés, es de valor primordial como indicador de las características geológicas de la cubierta superficial y subsuperficial de la zona de interés. Micou (2003) menciona que en nuestro país aún no se ha llegado a una convención acerca de cuál sería la clasificación de suelos más apropiada a nivel nacional, ni tampoco a nivel provincial. El motivo principal de esta ausencia es que todas las clasificaciones existentes fueron realizadas por distintas instituciones, con distintos criterios y no son comparables entre sí.

En el presente trabajo se utilizará la clasificación de suelos propuesta por Micou (2003) para la zona que abarca la cuenca del arroyo El Palmar, y la

misma se basa en la clasificación de coberturas del suelo del Programa CORINE (*Coordination des Informations sur l'Environnement*) de la Unión Europea y la misma data del año 1985. Los componentes de la clasificación surgen de bibliografía antecedente de la zona, interpretación de la imagen satelital Landsat TM 225-82 de abril de 2000 y de la corroboración de los datos en el campo.

En el Cuadro 1 se presentan las cuatro zonas de usos de suelo de la cuenca con las características de cada una de ellas y en la Figura 3 se presenta la imagen satelital realizada por Micou (2003) donde se discriminan las zonas de usos del suelo en la cuenca del arroyo El Palmar. Cabe aclarar que el trabajo realizado por esta autora, abarca a la cuenca del arroyo El Palmar y cuencas de los arroyos aledaños a la misma, y denomina a todo este conjunto de cuencas como Las Cuencas de El Palmar.

Cuadro 1. Zonas de uso de los suelos y características de las mismas.

ZONA	CARACTERÍSTICAS
ZONA I	Agrícola – ganadera. Se caracteriza por la presencia de lotes agrícolas o de pasturas artificiales (color rosa homogéneo) y de lotes con suelo desnudo (tonalidades del verde).
ZONA II	Con predominancia de vegetación semi natural o naturalizada. Generalmente sobre estos campos se practica la ganadería.
ZONA III	Con predominancia de plantaciones forestales.
ZONA IV	Escasamente modificada. Se trata de las áreas protegidas, que debería considerarse dentro de la Zona III por su posición en el espacio, pero se lo toma como una zona propia debido a su importancia en términos superficiales dentro de la misma cuenca.



Figura 3. Mapa de los usos de suelos en la cuenca del arroyo El Palmar y arroyos aledaños, según Micou (2003).

Cabe señalar que la clasificación de usos de suelo fue un indicador indirecto que es utilizado para establecer los límites formaciones en el subsuelo de la cuenca de interés, a partir del desarrollo de las distintas actividades sobre los diferentes materiales presentes en el subsuelo. Esta idea surge de que el uso del suelo es el rasgo mejor identificable en los sensores remotos, por lo tanto, su identificación es más sencilla y los usos guardan gran relación con el tipo de suelo y la unidad formacional aflorante. Esto los convierte en un buen indicador indirecto. El ejemplo claro es el desarrollo de la actividad forestal sobre suelos con predominio arenoso, asignándose este tipo de suelo como la cubierta edafizada de la Formación Ubajay.

1.9 Metodología

La metodología de trabajo se desarrolló en tres escenarios distintos: gabinete, campo y laboratorio.

Tareas de gabinete

Como primera etapa, se comenzó con la recopilación de trabajos antecedentes de la zona de estudio, que incluyó tanto información geológica

como hidrogeológica. Se agregaron, dentro de la información revisada, inventarios de pozos existentes y cartografía geológica. Se consultaron trabajos existentes en la biblioteca del Consejo Federal de Inversiones (CFI), biblioteca de la Administración Parques Nacionales (APN), biblioteca de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEN – UBA), biblioteca del Servicio Geológico Minero de Argentina (SEGEMAR), biblioteca del Instituto Nacional del Agua (INA) y biblioteca de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina. Posteriormente a las tareas de campo, se recurrió nuevamente al gabinete para realizar el análisis e interpretación de los datos obtenidos, junto a la recopilación de antecedentes y utilización de imágenes satelitales, para la confección de presente trabajo.

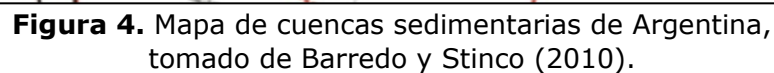
Tareas de campo

En mayo de 2007 se llevó a cabo la primera campaña en el área de estudio y en la misma se recolectaron datos de pozos presentes en la cuenca baja del arroyo El Palmar. Se realizó un primer reconocimiento de la geología y geomorfología presente en el sitio perteneciente al Parque Nacional El Palmar y zonas aledañas al mismo. Se realizaron 4 (cuatro) campañas más, cuyas fechas fueron junio de 2007, abril y septiembre de 2008 y enero de 2009 cuyo objetivo de cada una de ellas fue el de conocer el resto de la cuenca hidrológica y realizar sondeos eléctricos verticales (SEV) ubicados y distribuidos dentro del área perteneciente a la cuenca de interés.

2. Antecedentes

2.1 Marco geológico de la cuenca chacoparanense

Territorialmente este estudio comprende a la provincia de Entre Ríos y si bien se centrará en la información e interpretación en dicha región, se recurrirá a la correlación con la geología de las regiones circundantes, ya que en muchos casos es difícil comprender la geología de subsuelo local si no se tiene una visión del contexto de esta región que pertenece a la Cuenca Chacoparanense. Sumado a ello, son muy escasos los afloramientos de las unidades que permitan una clara identificación, por la cobertura de suelo, vegetación y la escasa topografía, por lo que es de vital importancia el reconocimiento de las unidades en pozos disponibles. La geología de la cuenca Chacoparanense Argentina es conocida prácticamente desde las primeras perforaciones de la entonces Dirección de Geología, Minas e Hidrogeología, con el objetivo de brindar abastecimiento de agua al Ferrocarril a principios de siglo pasado y más recientemente hacia mediados del mismo las campañas de exploración y prospección geológica y geofísica de YPF aportaron información al conocimiento de estos niveles en el subsuelo profundo de dicha cuenca (ver mapa Figura 4).



El basamento cristalino en la región es de composición ígneo – metamórfico y aflora en la zona suroccidental de la República Oriental del Uruguay, en algunas islas e islotes en la zona de desembocadura del río Uruguay y en la isla de Martín García, no aflora en la provincia de Entre Ríos. Sin embargo, diversas perforaciones en el sudeste alcanzaron el basamento cristalino a profundidades relativamente someras. Las rocas graníticas, granodioríticas y tonalíticas correspondientes a este último, fueron identificadas en los pozos termales de Colón 1 (820 m b.b.p.), San José -1 (837 m b.b.p.) Concepción del Uruguay - 1 (651 m b.b.p.) Concepción del Uruguay - 2 (604 m b.b.p.) y

en el pozo Gualaguaychú -1 (980 m b.b.p.) y Gualaguaychú-2 (998 m b.b.p.) (Mársico, 2012). Perforaciones de abastecimiento de agua en Villa Paranacito (Delta) han alcanzado el basamento a 39 m b.b.p. (Silva Busso y Amato, 2017). La Figura 5 corresponde a un corte transversal elaborado por Mársico (2012) desde la localidad de Monte Caseros (Corrientes) hasta la ciudad de Gualaguaychú (Entre Ríos), el cual se desarrolla en dirección norte-sur, sobre el río Uruguay, y permite observar el registro de las profundidades del basamento cristalino en la zona de interés, comprendida en la zona de los pozos de Colón y San José, como así también el SEV profundo realizado en Ubajay.

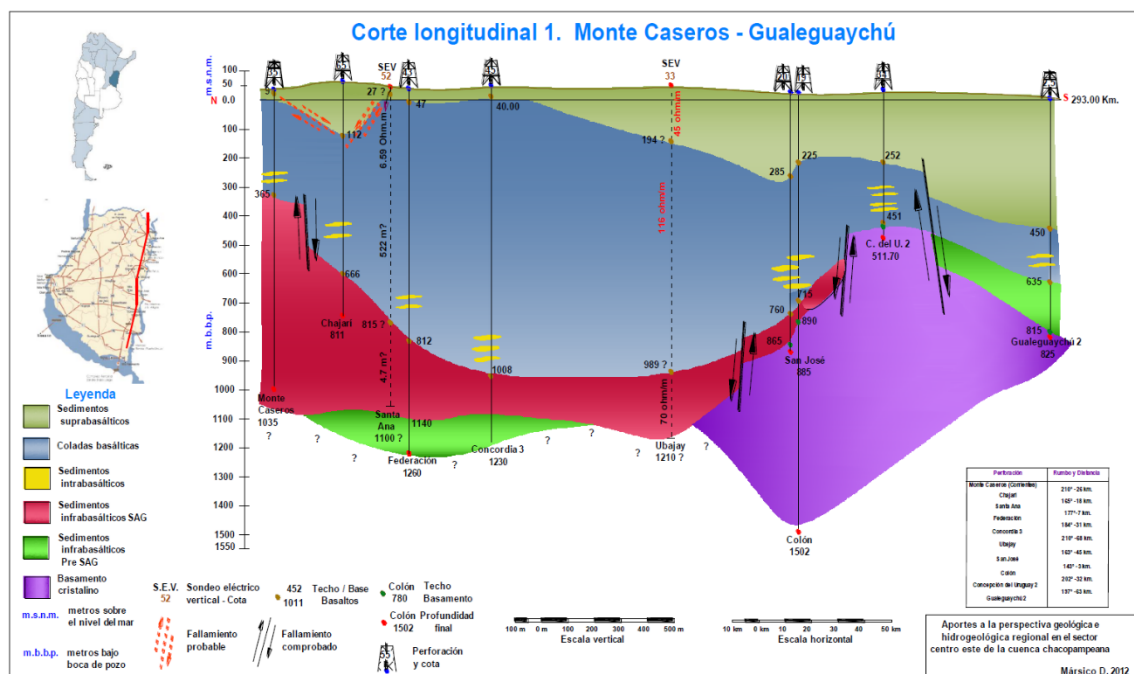


Figura 5. Corte transversal norte – sur, correspondiente a los pozos termales ubicados sobre la costa del río Uruguay en las provincias de Corrientes y Entre Ríos, tomado de Mársico (2012).

Las sedimentitas continentales de la sección Infrabasáltica han sido atravesadas por las captaciones de agua termal dado que ninguno de estos términos formacionales aflora en territorio entrerriano. Sería muy complejo discutir aquí las características de estos niveles geológicos, lo que además escapa al objetivo de este estudio, las mismas han sido y son, objeto de un estudio específico. De todas formas y solo para dar una visión de contexto de la geología del subsuelo se resumen en este apartado algunos aspectos generales.

En sentido Este-Oeste las unidades Infrabasálticas se profundizan hacia la zona central de la Provincia de Entre Ríos y en particular hacia la perforación Nogoyá -1 (YPF, 1962) siendo este el pozo más profundo de la provincia y donde se observa una secuencia más condensada que podría incluir a unidades previas.

Más recientemente, desde la última década del siglo pasado, varios pozos atravesaron total o parcialmente, una sucesión clástica continental infrayacente en territorio entrerriano. Estas se manifiestan con notable y potente espesor en las captaciones termales Federación-1, Colón-1, Concordia-1, Concepción del Uruguay-1 Villa Elisa-1 y Gualaguaychú-1 y Gualaguaychú-2, en general en las captaciones termales del oriente entrerriano. Las sedimentitas mencionadas han sido reconocidas y estudiadas parcial o totalmente, consecuencia de la información obtenida por los pozos, de modo principal y complementariamente a partir de datos de también destinados a la prospección y explotación de aguas termal en Silva Busso (1999) y publicaciones posteriores (Silva Busso *et al.*, 2002; Silva Busso y Fernández Garrasino, 2004; Mársico, 2012). La secuencia está compuesta por areniscas cuarzosas finas a muy finas, rojizas, rojizas ocráceas y rojizas amarillentas claras con escaso cemento carbonático y más bien friables, de muy buena selección y granos generalmente redondeados y subredondeados, sólo a veces subangulosos. Hacia abajo, se alternan algunos niveles de areniscas con intercalaciones no regulares de limolitas y arcilitas, todas de variados matices rojizos. Es frecuente observar óxidos de hierro que recubren a los clastos y además tiñen al cemento (Silva Busso, 1999).

Tras el desarrollo del Proyecto Acuífero Guaraní, (cuya principal área de estudio fue Brasil, Paraguay y Uruguay y tangencialmente abarco aspectos geológicos o hidrogeológicos en Argentina), se pueden incluir algunos aportes relacionados con detalles de la litología de las secciones Interbasáltica e infrabasáltica (Aguirre *et al.*, 2007). Mársico (2012) estudió geológicamente las captaciones más occidentales de la provincia Basalbilvaso-1, María Grande -1, La Paz-1, Villaguay-1 y algunas orientales nuevas como Chajarí-1, Concepción del Uruguay-2 y San Jose-1 correlacionándolas con las estudiadas

en Silva Busso (1999) que no modifican sustantivamente la estratigrafía propuesta previamente para esas unidades.

En cuanto a la región mesopotámica argentina, razones de cercanía geográfica, correlaciones aceptablemente fundadas y prioridades históricas, hacen posible el uso de los bien definidos términos como Formación Piramboia (Sanford y Lange 1960; Arenisca Piramboia, Florence y Pacheco 1929, Washburne 1930) (fluvial) y Formación Botucatú (Sanford y Lange 1960; Gonzaga de Campos 1889, en Salamuni y Bigarella 1967; Areniscas de Botucatú, Walther 1911) correlación propuesta por Silva Busso (1999) y Silva Busso y Fernández Garrasino (2004).

Por encima de las unidades mencionadas se haya la Formación Serra Geral que es la unidad de mayor representación en la cuenca Chacoparanense abarcando una gran extensión. La misma tiene su génesis durante el periodo comprendido entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior en función de la radimetría de las rocas basálticas que esta posee (Tófaló, 1986). Silva Busso (1999), data un filón capa en el pozo Colón-1 en 132 Ma+/-20. Su potencia máxima en el área de estudio, conforme a la información publicada por YPF alcanza los 1100m en el pozo Nogoyá (YPF, 1962) en la provincia de Entre Ríos, se apoya sobre las sedimentitas jurásicas limitada por una discordancia en general en todo el subsuelo mesopotámico.

Dado que el área de estudio está en el oriente entrerriano se considerará el concepto de Gentili y Rimoldi (1979), con respecto a la que denominó Formación Curuzú Cuatiá, pero que se trata de la Formación Serra Geral (White, 1908). Gentili y Rimoldi (1979), definen sus dos miembros, el Miembro Posadas (vulcanitas) y el Miembro Solari (sedimentitas). En Silva Busso (1999) se propone el más antiguo término nominal Formación Serra Geral para referirse a este conjunto tecto-sedimentario característico de la región. Este último término es previo en América del Sur (Hausen, 1919) a la denominación de Gentili y Rimoldi, (1979) y aunque se ha entendido frecuentemente por Formación Serra Geral solo a las secuencias volcánicas,

Silva Busso (1999) incluye las sedimentitas intercaladas como un miembro clástico (Miembro Solari).

El Miembro Posadas (Gentili y Rimoldi, 1979) constituye las unidades basálticas que contienen interestratificadas las areniscas descriptas, las coladas suelen presentar un aporte inferior densa y la superior alveolar, son basaltos de composición tholeítica de color gris oscuro o rojo grisáceo. Su composición es básicamente un 50% de labradorita ácida frecuentemente alterada (montmorillonita - caolinita) y un 45% de piroxeno augita o pigeonita, además de un restante 5% de olivino, cuarzo, material vítreo y opacos (Tófaló, 1986). Sus vesículas se encuentran frecuentemente ocupadas por zeolitas, calcita y clorita. En las arcillas es frecuente según Gentili y Rimoldi (1979), la asociación caolinita-saponita-griffithina. El Miembro Solari o “Formación” Solari (Herbst, 1971), definida como bancos de areniscas de color rojo oscuro, pardo rojizo y pardo claro, con una granulometría variable desde arena fina a mediana fundamentalmente, posee algunas intercalaciones de conglomerados y pelitas de pobre espesor. Las areniscas suelen presentar estratificación entrecruzada de gran ángulo cortadas por superficies de truncamiento múltiple, o bien algunas pueden aparecer masivas. Compuestas desde un 93% a un 98% de cuarzo, redondeado a subredondeado, de forma equidimensional y prolada.

La cobertura suprabasáltica ha sido objeto de estudio de diversos autores y ese estudio se concentra en la región oriental de la provincia donde afloran algunas de estas unidades.

La primera unidad suprabasáltica es la Formación Puerto Yeruá (De Alba y Serra, 1959). Las mismas se describen no solo en Puerto Yeruá, sino que son iguales a las aflorantes en Salto Grande, Cerro de la Cruz, Puerto de Concordia y arroyo Yuquerí Grande. Se han descripto en el informe geológico de la hoja Ubajay algunos afloramientos de esta arenisca sobre el río Uruguay. De Alba y Serra (1959) son los primeros en describir el perfil asignándole el nombre de la localidad Puerto Yeruá. La edad se le asigna Cretácico Superior a partir del hallazgo de un húmero de húmero de

Argyrosaurus superbus (von Huene, 1929). Los aportes al conocimiento de la Formación Puerto Yeruá han sido discutidos ampliamente por Tófaló (1986) y Tófaló y Pazos (2002). De acuerdo con dicho autor se trata de variaciones laterales del mismo ambiente deposicional y proceso sedimentario. Este último determina una serie de facies que le permiten determinar los procesos sedimentarios y ambiente deposicional de la Formación Puerto Yeruá. Las describe como sedimentitas del grupo “C” incluyendo las areniscas, brechas y toscas que afloran en Puerto Yeruá, este autor describe a las brechas como compuestas de fragmentos de areniscas de la Formación Botucatú, que constituyen las sedimentitas del grupo “A”.

El Paleógeno está representado por la Formación Fray Bentos o Arroyo Avalos y nuevamente Tófaló (1986) presenta un estudio regional más completo. Estos niveles constituyen un conjunto de rocas que afloran en diversas localidades sobre la costa del río Uruguay desde Concepción del Uruguay hacia el norte hasta la altura de Colón, en Entre Ríos. La denominación Formación Fray Bentos fue respetada por diversos autores en la República Oriental del Uruguay para describir los limos arenosos, con granos de cuarzo envueltos en una matriz arcillosa, con intercalaciones de loess y niveles de ceniza volcánica. Esta denominación fue revisada y modificada por De Alba y Serra (1959) y la denominaron Depósitos Miocénicos del lado argentino. Conforme al análisis de facies y paleoambiental propuesto luego por Tófaló (1986) se sostiene como válida esta última descripción y propone nombrar a la unidad como Formación Arroyo Avalos (Gentili y Rimoldi, 1979) por el término no extranjero más antiguo para esa unidad. Sin embargo, esta unidad fue primeramente definida por Lambert (1940), en la República Oriental del Uruguay y se prefiere aquí usar este término por ser previo en lugar del sugerido por Tófaló (1986). Cabe mencionar que, según cita verbal de Tófaló, y este autor la sostiene, en la cuenca del arroyo El Palmar no se registró, en superficie, la presencia de esta formación.

En una extensa región centro-occidental del subsuelo de la provincia de Entre Ríos sobre el paleógeno se dispone el neógeno, mayormente representado por la Formación Paraná. Aflora en las costas paraneanas entre las ciudades

de Victoria y Paraná, siendo observables principalmente en el Departamento de Diamante, no solo en la costa del Paraná sino también en las quebradas de los arroyos afluentes hasta varias decenas de kilómetros río arriba (fundamentalmente al norte del arroyo Doll hasta arroyo Burgos).

Quedaría fuera de este ámbito la región oriental y sudoriental de la provincia, lindante con el delta del río Paraná-Uruguay donde esta unidad está ausente del registro geológico. De hecho, los pozos profundos de la provincia denominados Concordia 1 y 2, Concepción 1 y 2, Gualeguaychú 1 y 2, Colón-1, San José-1, Federación-1 y Chajarí-1 no la hayan representada (Silva Busso *et al.*, 2011). Solo las captaciones de agua termal hacia occidente de Villa Elisa-1, donde posee 140 m de espesor (Silva Busso, 1999), ha sido definida. También se la reconoce presente, profundizándose hacia el pozo YPF Nogoya-1 como areniscas verdosas, debido al ambiente oxidante (Chebli, Tófalo y Turazzini, 1989); se les atribuye el tramo 90 - 190 m b.b.p. según Silva Busso (1999) sedimentitas similares han sido descriptas en los pozos Villa Ramírez N°1 (tramo 74 - 324 m b.b.p.), Gualeguay N°4 (tramo 95 - 356 m b.b.p.), Estación Estacas N°1 (tramo 77 - 334 m b.b.p.). Esta unidad representa una ingresión marina somera, y posterior regresión, cuyas acumulaciones, alcanzan, en órdenes de magnitud, la centena de m de espesor, estando vastamente distribuidas en el subsuelo chacoparanense. Principalmente las componen arcilitas verdosas, azuladas, y grises amarillentos, con abundantes restos de invertebrados marinos y microfósiles. Hacia la base, pasan gradualmente a areniscas blancas y grises amarillentas, que muestran intercalaciones calcáreas fosilíferas. Son observables algunas alternancias de pelitas rojizas y verdosas. La Formación Paraná representa al último evento marino terciario de edades miocenas.

En el margen del río Paraná entre bajada Grande y Pueblo Brugo se han descripto un conjunto de sedimentitas denominadas Formación Pueblo Brugo (Martinelli, 1947; Masramón, 1947) que corresponderían a facies proximales, y quizás a algunos depósitos continentales sincrónicos de la ingresión "paranense", vecinos a la entonces línea de costa. No obstante, se sugiere incluirlos dentro del ya término Formación Paraná. El "mar paranense"

desplegó una paleogeográfica occidental realmente amplia, como muestran las presencias y distribuciones de los correlatos de la Formación Paraná, las Formaciones San José (Catamarca y Tucumán, valles de Santa María y Choromoro), Guasayán (Santiago del Estero y Catamarca), y Macachín (E de La Pampa y O de Buenos Aires). Sus alcances septentrionales y orientales conocidos, están dados por los depósitos de los "esquistos calcáreos de Villeta" o "calizas de Villeta" (SSE de Asunción, Paraguay), "calizas de Itatí" (Corrientes), y Formación Camacho (Uruguay) (Fernández Garrasino, 2008).

En ámbito de la cuenca Chacoparanense con el retiro del mar paranense hacia el sudeste, se crearon las condiciones sobre una extensa llanura, para el desarrollo de un sistema fluvial cuya superficie es extendida. Esta secuencia deposicional fluvial de edades plio-pleistocena actual (Silva Busso y Amato, 2017) ha recibido diferente denominación atendiendo a cambio de litofacies o diferentes relaciones estratigráficas observadas en el campo.

En Mesopotamia se ha denominado Formación Ituzaingó por De Alba (1953), a depósitos psamíticos fluviales que son, tal vez, los más conspicuos del litoral argentino. Estos afloran en la barranca izquierda del río Paraná desde el norte de Corrientes hasta la ciudad de Paraná en Entre Ríos, siendo incluida dentro de la estratigrafía centro-occidental entrerriana por De Alba y Serra (1959). Iriondo (1980) sugiere la correlación de estas unidades con las conocidas "Arenas Puelches" o Formación Puelches (Santa Cruz, 1972) en el subsuelo de las provincias de Santa Fe, este del Córdoba, este del Chaco y norte de Buenos Aires. La misma está formada por arenas blancas y rojizas muy maduras con intercalaciones de niveles limosos. En general el tamaño de grano disminuye de norte a sudeste y en la base la estratificación es entrecruzada planar pasando hacia el techo a un régimen de mayor divagación (Iriondo, 1980). Su máximo espesor se verifica en la provincia de Corrientes con 150 m y disminuye en Entre Ríos (Paraná) a unos 10 m. La variación de color que grada de colorado en la sección superior a blanquecino en la base es de origen epigenético y es de extensión regional atribuyéndose su origen a diferencias climáticas en la región (Iriondo, 1980). Su origen ha sido interpretado como fluvial evolucionando hacia un régimen de menor

competencia hacia el tope de la secuencia (Herbst y Santa Cruz, 1985; Jalfin, 1988). Si bien no se ha fijado su edad con precisión se le atribuye edad Pliocena-Pleistocena inferior y apoya en discordancia con la Formación Paraná (Iriondo, 1980).

En la región oriental de Entre Ríos, Rimoldi (1963) y Gentili y Rimoldi (1979) describieron facies gravosas a las que denominaron Formación Salto Chico. Estas se definen como una sucesión de gravas silíceas que intercala arenas cuarzosas, estratificadas de granulometría media a gruesa de color ocre rojizo y amarillento. Hacia el techo de la secuencia puede tener arenas finas de color amarillo, lenticulares y arcillas verdes claro. Su máximo espesor es de 60 m. Esos depósitos fueron interpretados también como depósitos fluviales del río Uruguay, pero de edad Plio-Pleistoceno, la misma cruzaría el río Uruguay a la actual altura de Colón (Iriondo, 1996). Según Iriondo (1980) la Formación Salto Chico se corresponde a la Formación Salto de la República Oriental del Uruguay (Bossi, 1969) y se extiende a lo largo del río Uruguay desde el norte de Entre Ríos hasta Colón aflorando en forma discontinua, pero presente en el subsuelo (Silva Busso y Amato, 2017). No obstante, Kröhling (2009) propone a la Formación Salto como correlacionable con la Formación Palmar por lo que resultaría más reciente. Iriondo (1980) propone diferenciarla como una unidad aparte de la Formación Ituzaingó porque la Formación Salto Chico corresponde a un ambiente fluvial más inestable y su origen se vincula con depósitos del río Uruguay y sus afluentes. La edad sería Pleistoceno temprano según Bossi (1969), cuasi-contemporánea y correlacionable con la Formación Ituzaingó.

Sobre estas unidades pueden citarse aportes interpretativos de información geológica previa con objetivos hidrogeológicos en los acuíferos Ituzaingó y Salto Chico como los vertidos en el estudio de Santi *et al.* (1995), Auge y Santi (2002), Santi (2002), Santi y Bianchi (2004). No obstante, la revisión más regional y actualizada, que además incluye niveles cuaternarios más recientes se encuentra en Silva Busso y Amato (2017) y en Silva Busso y Rouiller (2022).

La unidad cuaternaria más extensa, conspicua, importante y característica del centro y occidente entrerriano es la Formación Hernandarias, definida por Reig (1956). La Formación Hernandarias constituye un limo arcilloso de pocos metros de espesor en la localidad tipo, con finas láminas de arena se observan intercalaciones de niveles yesíferos. 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 (Reig, 1956). 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 expansiva y contractiva, de composición montmorillonítica (Reig, 1956; Vitulich, 1982). El espesor máximo aflorante observado en las barrancas del río Paraná, no supera los 15 m y su extensión superficial representa la mayor parte de la provincia de Entre Ríos. Su origen se atribuye a un ambiente lacustre y palustre en clima seco y su edad, por correlación con la Formación Yopói de Corrientes, es Lujanense (Iriondo, 1980).

En el este entrerriano, sobre la margen derecha del río Uruguay, es la Formación Ubajay la unidad aflorante más conspicua. Definida por Gentili y Rimoldi (1979) y luego por Iriondo (1980) como Formación El Palmar.

La Formación Ubajay compuesta de psefitas gruesas, situadas en terrazas de la margen derecha del río Uruguay fue definida por primera vez en el arroyo El Palmar, en la zona del parque y sus antiguas canteras (Gentili y Rimoldi, 1979). Para el área de la costa del lado argentino del río Uruguay se extiende entre la desembocadura del río Mocoretá y la ciudad de Concepción de Uruguay (Silva Busso y Amato, 2013) Esta unidad representa hacia el oeste la expresión más reciente de estos depósitos fluviales y las cotas altimétricas del techo coinciden en gran medida con la topografía del terreno. El techo toma valores desde 50 m s.n.m. en la divisoria de aguas de las cuencas de

arroyos afluentes del río Uruguay hasta aproximadamente los 10 m s.n.m. en la costa de dicho río (Silva Busso y Amato, 2013; Silva Busso Amato, 2017). Se le atribuye edad Pleistoceno Tardío – Holoceno y ha sido interpretada como la terraza alta del río Uruguay (Iriondo, 1996). La composición de esta formación corresponde a psefitas gruesas, situadas en terrazas de la margen izquierda del Paraná, entre Corpus y Posadas de espesores entre 6 a 8 m, ribera derecha del río Uruguay, cercanías del arroyo El Palmar y NE de Entre Ríos (Gentili y Rimoldi, 1979). Para el área de la costa del lado argentino del río Uruguay, se extiende entre la desembocadura del río Mocoretá y la ciudad de Concepción de Uruguay).

La Formación Ubajay fue estudiada por Chury (2023) y describe la diversidad litológica presente en esta formación, al poner de manifiesto, sobre la base del análisis litológico de 32 perforaciones tipo SPT entre Colón y Mocoretá los datos representados en la Figura 6, donde se evidencia la heterogeneidad litológica en los distintos tipos de sedimentos en formación. Esta heterogeneidad regional determina que buscar correlaciones sin conocer la litología del suelo conduce a una errónea interpretación de la misma. Resulta importante analizar el grado de homogeneidad de las unidades bajo estudio en caso de pretender algún tipo de correlación regional. Este aspecto, que parece conceptualmente trivial, pero se debe verificar *in situ* en cada tipo de suelos (Chury, 2023) el grado de heterogeneidad litológica antes de buscar las correlaciones.

En afloramientos existentes en el Parque Nacional El Palmar, Ramos *et al.* (2012) describieron leños fósiles que permitieron inferir, para el centro-este de la provincia de Entre Ríos y durante el periodo en el cual se desarrolló dicha formación, condiciones climáticas cálidas y húmedas. Estos mismos autores mencionan que los leños fósiles corresponderían a componentes de bosques mixtos ribereños (*Lauraceae* y *Combretaceae*) y bosques mixtos semiáridos (*Fabaceae*). Respecto al clima en el cual se desarrollaron los depósitos de esta formación, Patterer *et al.* (2014) evaluaron asociaciones de fitolíticas que permitieron arribar a las mismas conclusiones climáticas que Ramos *et al.* (2012), respecto a ambientes de clima cálido y húmedo,

asociados a sistemas fluviales energéticos, en virtud del desgaste de los fitolitos hallados en un perfil evaluado en el Parque Nacional El Palmar.

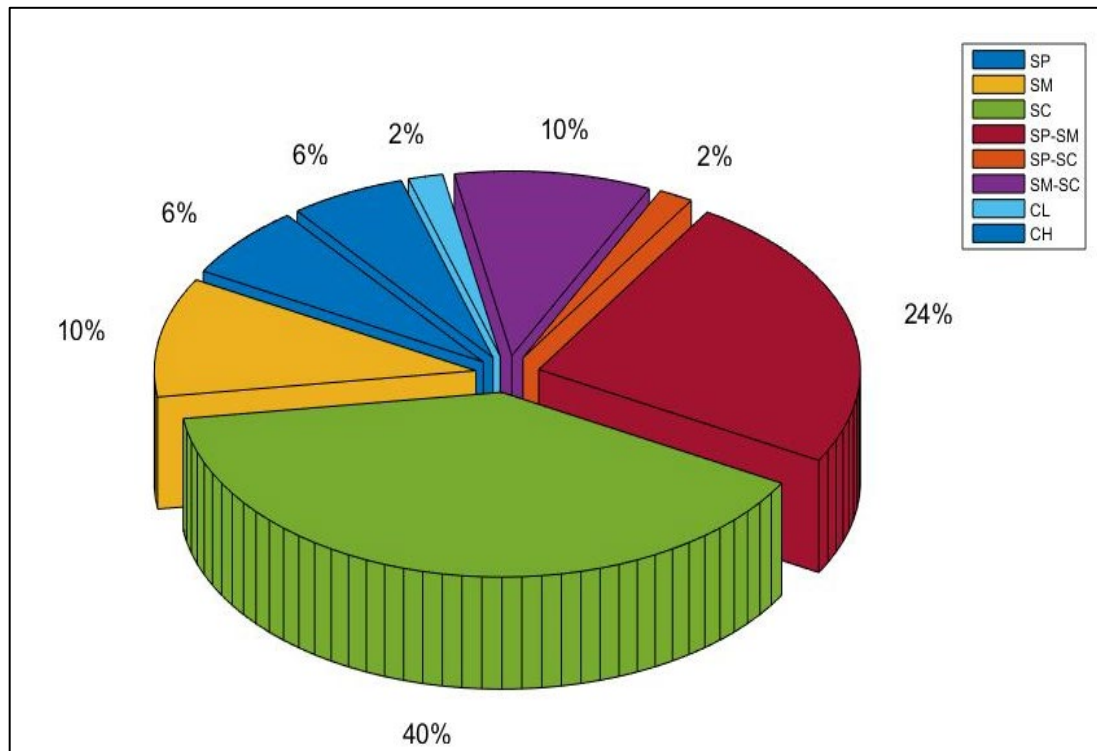


Figura 6. Clasificación litológica SUCS (Sistema Unificado de Casagrande) en la Formación Ubajay tomado de Chury (2023). Referencias SP: arena homogénea, SM: arena limosa, SC: arena arcillosa, SP-SM: arena homogénea - arena limosa, SP-SC: arena homogénea-arena arcillosa, SM-SC: arena limosa-arena arcillosa, CL: arcilla de baja plasticidad, CH: arcilla de alta plasticidad.

La edad de la Formación Ubajay fue establecida, por dataciones por termoluminiscencia, entre 80000 y 88000 años AP para la parte superior de la formación (Kröhling, 2009). Según Kröhling (2009) e Iriondo y Kröhling (2008) la Formación Ubajay (Palmar) sería correlacionable con la Formación Salto en la República Oriental del Uruguay, constituyendo la expresión deposicional de la terraza del río Uruguay para las edades mencionadas.

Es importante mencionar que fuera del área de estudio, en el este de la provincia, existe otras unidades cuaternarias de relevancia, una de ellas es la Formación Alvear (Aceñolaza, 2007) y en el sudoeste de la provincia, sobreimpuesta a esta última, se halla la Formación Tezanos Pintos (Iriondo, 1980) de origen eólico y cuyo origen es más reciente que la Formación Hernandarias.

La Formación Alvear (Iriondo, 1980) se compone de limos y arcillas pardas, pardo-rojizas y pardo-amarillentas, con alto contenido de cenizas volcánicas y carbonatos que desarrollan un particular tabicado bajo la influencia de las variaciones de la capa freática. Se distribuye hacia el norte desde el departamento Diamante (estrato tipo) sobre la costa del río Paraná hasta el sur de La Paz y hacia el sur hasta cercanías del arroyo Nogoyá. Esta se apoya en discordancia sobre un banco de arcillas gris verdosas y/o arenas de la Formación Ituzaingó marcando la discontinuidad con una concentración de tosca carbonatica. El techo está dado por una discordancia erosiva que da lugar a una superficie irregular y que, de alguna manera, determina el espesor y extensión de sus afloramientos. (Aceñolaza, 2007). Frenguelli (1920) le asigna edad Pleistoceno Medio-Tardío (Ensenadense). Según Aceñolaza (2007), estudios recientes de Noriega *et al.* (2006) y Candela *et al.* (2007) se le asignaría edad Plioceno.

La Formación Tezanos Pintos (Iriondo, 1980) está constituida fundamentalmente por limos de origen loessicos, que intercalan también formando parte de la unidad conglomerados de toscas, arenas finas limos y arcillas cuyo color varía entre pardo-rojizo a castaño claro, y amarillento. Esta unidad se apoya en discordancia por sobre la Formación Hernandarias recubriendo un paleo relieve de diseño irregular. Según Iriondo (1980) la localidad tipo corresponde a un conjunto de afloramientos en el arroyo El Salto, cercano a la localidad Tezanos Pintos. Dicho autor, como así también se observa en el mapa geológico de Bertolini (1995), señala una distribución significativa en el sudoeste de la provincia de Entre Ríos, desde la cuenca del río Gualaguay hasta el norte de la ciudad de La Paz. Dataciones recientes determinan edades comprendidas entre los 36000 y 8000 (Iriondo y Kröhling, 1995; Kröhling, 1999).

Existe un conjunto de depósitos denominados genéricamente aluviones recientes que son importantes los de los ríos San Antonio y Pepirí Guazú y los de algunos colectores internos, pero se destacan especialmente en el río Uruguay, por barras de cauce, compuestas de gravas y arenas; se suman incipientes barras en espolón y algunos pequeños abanicos laterales, en las

desembocaduras de tributarios. Las numerosas barras longitudinales, de variable emersión y forma según la época del año, suelen determinar canales secundarios dentro del curso mayor, a lo largo de los cuales el flujo hídrico adquiere mayor velocidad local ("correderas"), es posible advertir, en el extremo distal de esos canales secundarios de interbarras longitudinales, algunos reducidos abanicos psami - psefíticos de ápice aguas arriba. Estos depósitos incluidos dentro del Grupo Punta Gorda por Iriondo (1980) podrían ser los denominados Formación La Picada.

La Formación Picada (Iriondo, 1980) constituye los depósitos sedimentarios aluviales de los ríos y arroyos que actualmente surcan la provincia. Estos depósitos dan lugar a una terraza bien desarrollada en los afluentes de importancia tanto del río Paraná como del río Uruguay. Debido a su amplia distribución la litología de esta unidad es variable de un cauce a otro encontrándose sedimentos gruesos hacia la base llegando a limosos en los sectores cuspidales. Por los restos de origen antropogénico se le atribuye edad Holoceno. El autor del presente trabajo prefiere denominar a las unidades recientes, observadas en la cuenca del arroyo El Palmar y representadas en el mapa geológico del Anexo I como sedimentos fluviales/lacustres actuales.

También en el sur de la provincia, la zona del denominado "Delta del Paraná" ha sido contenido dentro de la denominada Formación Isla Talavera (Gentili y Rimoldi, 1979) y/o Complejo Deltaico (Iriondo, 1980). Se ha mapeado la Formación Talavera (Bertolini 1995), aunque groseramente y con poco detalle. Por otro lado, el registro litológico del subsuelo estudiado en Amato y Silva Busso (2009) sería de origen estuárico marino correlacionables con la Formación Atalaya y la Formación Playa Honda.

La Formación Playa Honda está fundamentalmente integrada por limos arcillosos, arenas y bancos de conchillas. Cavallotto *et al.* (2004) describen los elementos litológicos que corresponden a la fase transgresiva caracterizada por arcillas limosas verde-claro con fragmentos de conchilla. Dataciones hechas determinan una antigüedad equivalente a la Formación

Atalaya. Incluye también Facies de llanura de mareas, Facies de llanura con cordones de playas, Facies de médanos ("Isla Ibicuy" y zona Ceibas-Puerto Ruiz). Las Facies de llanura de mareas (Cavallotto, 2004) serían correlacionables con las playas de regresión de Iriondo (1980)

En el delta del Paraná, Amato y Silva Busso (2009) han identificado al menos dos litologías presentes en el subsuelo. Una primera compuesta de fangos y arenas aluviales de color castaño o castaño grisáceo, generalmente se encuentran asociadas o intercaladas en los sondeos mencionados, con las arcillas transgresivas anteriormente descriptas. Litológicamente se las reconoce por la presencia de limos arenosos y limos gruesos hasta arcillosos inconsolidados. Su espesor promedio es inferior a aquella con valores que oscilan en los 2 m y 5 m como máximo en una perforación, en islas del partido de San Fernando. Sus cotas superiores varían entre más de 10 m en los cordones litorales y menos de 2 m en el frente deltaico subaéreo. Podrían correlacionarse con la Formación Talavera (Gentili y Rimoldi, 1979). Una segunda compuesta de arcillas y arcillas limosas de colores verdes y grises, masivas, correspondientes a un ambiente estuárico y de carácter transgresivo (Parker, 1990) que se manifiesta con facies relativamente poco variables en todo el ámbito de estudio, con niveles aislados de conchillas y en algunos sectores de los niveles basales, abundante presencia de materia orgánica. Estos depósitos pueden ser correlacionables con la Formación Atalaya (Parker, 1985) y a su vez con unidades estratigráficas como el Querandinense de Cortelezzi y Lerman (1969), y con la Formación Destacamento Río Salado de Fidalgo *et al.* (1973). El término "Depósitos Querandinos", "Ingresión Querandino", "Mar Querandino" u otros similares son en realidad términos ambiguos que en muchos casos engloba una o varias transgresiones marinas ocurridas en el Pleistoceno superior, entre 36000 y 26000 años AP que corresponde a un nivel del mar cercano a +10 m y otra que está relacionado con un avance marino que llegó hasta la cota +5 que ha ocurrido en el Holoceno (Tricart, 1973; Guida y González, 1984). Dataciones de Toledo (2005) sobre el material que caracteriza al "Piso Platense" son limos negros, grises y margas gris claras a blancas de los cuales, los más oscuros contienen *Heleobia parchappii* las que han sido

datadas en 10730 años AP. Dataciones de Silva Busso y Amato (2009) realizadas en diferentes pozos sobre muestras de conchilla en dichos sedimentos obtenidas a profundidades del orden de 17-20 m b.b.p. se han datado por C^{14} resultando edades de 5980 +/- 90 años AP a 7480 AP +/- 50 años AP. En muestras de conchillas entre 0 – 5 m b.b.p. en el delta y en la cuenca baja del río Luján, también datadas por C^{14} , resulta en edades de 4410 +/- 80 años AP a 5780 +/- 70 años AP.

Debe considerarse este apartado como un resumen de los diferentes aspectos tratados aquí y aún sometidos a reflexión, análisis y discusión. El Cuadro 2 resume la estratigrafía citada y que corresponde a la provincia de Entre Ríos.

Cuadro 2. Estratigrafía de la región tomado de Silva Busso (1999).

Cuadro Estratigrafico Simplificado del Area de Estudio en la Prov de Entre Ríos				
Litología	Estratigrafía Sector Occidental	Estratigrafía Sector Oriental	Litología	Edades
	F. La Picada/F. Isla Talavera	F. La Picada/F. Isla Talavera		Holoceno
	F. Tezanos Pintos	F. Ubajay		
	F. Hernadarias	F. Hernadarias (?)		Pleistoceno
	F. Alvear	F. Alvear (?)		
	F. Ituzangó	F. Salto Chico		Plioceno
	F. Paraná	AUSENTE DEL REGISTRO		Mioceno
	F. Fray Bentos	F. Fray Bentos		Oligoceno
		F. Arroyo Avalos		
	F. Olivos (?)	F. Asencio		Cretácico Sup.
	F. Puerto Yeruá	F. Puerto Yeruá		Cretácico Sup.
	F. Serra Geral	F. Serra Geral		Cretácico inf.
				Jurásico Sup.
	AUSENTE DEL REGISTRO	F. Botucatu		Jurásico med.
	F. Piramboia (?)	F. Piramboia		Triásico med.
	Sedimentitas Paleozoicas	Sedimentitas Paleozoicas (?)		Carbónico – Pérmico (?)
	Diabasas F. Serra Geral			
	Basamento cristalino (?)	Basamento cristalino		Precámbrico

Gneis, Granitos	Basaltos	Gravias	Arenas	Limos	Arcillas
Gabros?	Tefriticos	Finas-Medias	Finas-Medias	Arenas Limosas	Limos Arcillosos
					Limosas

2.2 Marco tectónico de la cuenca chacoparanense

Esta región de la Cuenca Chacoparanense estuvo sometida a lo largo del tiempo geológico a procesos distensivos y compresivos que modelaron su estructura haciendo sentir su influencia.

Según Fernández Garrasino (2008), durante el Triásico Medio a Tardío, ocurrieron procesos extensionales responsables de la aparición y desarrollo de ambientes de rift. A partir del Triásico Tardío hasta el Jurásico Medio, hubo predominio de esfuerzos de distensión, y comenzó la fragmentación del Gondwana oriental, con la apertura del océano Indico. Durante el Jurásico Medio-Tardío tuvo lugar otro reordenamiento del campo de esfuerzos, que dio lugar a procesos distensivos de alcances más regionales, con desarrollo de rifts y hemigrabenes. Esta cuenca presenta una actividad magmática representada por basaltos alcalinos y controlada por mecanismos extensionales (Pezzi y Mozetic, 1989).

Estos eventos crearon las condiciones estructurales profundas que aparecen afectando la Formación Serra Geral y los niveles sedimentarios cretácicos. Los mapas isopáquicos y de distribución de la Formación Puerto Yeruá y Formación Asencio muestran una distribución de este-oeste donde comenzaría una transición lateral a otras unidades contemporáneas como la Formación Olivos. El área de aporte de los sedimentos constitutivos de la Formación Puerto Yeruá y Asencio son las unidades Pre-basálticas aflorantes en Uruguay (Formación Botucatú, Formación Piramboiá) retrabajadas por estos sistemas fluviales cretácicos (Tófaló, 1986) lo que determina una pendiente regional Este-Oeste con un eje de relleno de cuenca en esa dirección. El Paleógeno representado por la Formación Fray Bentos (y la Formación Arroyo Castillo cuando se la identifica) constituye un ambiente continental climáticamente muy restrictivo donde el material constructivo de estas unidades evidencias retrabajo eólico o fluvial de materiales locales (basaltos).

Estas unidades también parecen responder a la distribución Este-Oeste, aunque aparentemente se la identifique en casi todo el territorio entrerriano

es probable que en territorio santafecino ya no aparezca representada o transicione lateralmente en otras unidades contemporáneas. Los mecanismos de subsidencia relacionados con los ciclos de naturaleza ándica del Paleógeno en esta región no son bien conocidos y merecen en el futuro el análisis de especialistas en este tema. Existe una conjunción de los fenómenos extensionales y el magmatismo básico desarrollado por la subducción de la dorsal oceánica que se separaba de África en conjunto con depósitos continentales que lateralmente transicionan a secuencias marinas progradantes procedentes de un paleo-océano Atlántico. Ramos, (1999) menciona esto como una característica de los episodios orogénicos andinos con mar alto en un margen continental pasivo. Esto determinó la posibilidad de ingresión del mar paranense tan característico en la estratigrafía de la cuenca y que en la provincia cubre y alcanza hasta sus sectores más orientales donde está ausente del registro.

Un rasgo estructural dominante es el Alto del Río de la Plata y sus “altos secundarios” localmente relacionados con él. Estos altos del basamento cristalino en gran medida han funcionado también como amortiguador de los procesos de sedimentación y pudieron haber establecido una condición de “tierras emergidas” para edades neógenas en toda la actual banda oriental sobre el río Uruguay, el sudeste de la provincia y el este del Sistema del Delta del Paraná.

Esto queda reflejado en los mapas estructurales, particularmente el isopáquico (Fernández Garrasino, 2008), que aún parece estar controlado en su espesor por las estructuras distensivas previas. Probablemente el sur de la provincia también estaría controlado bajo la influencia del “Alto del Plata”.

Existe un cambio importante en la dinámica de la cuenca asociado al acontecimiento del retiro paulatino del mar paranense y, lentamente, ocurre la transición a un ambiente continental y fluvial diferente. Este sistema fluvial que comenzó a sobre imponerse a la secuencia en el plio-pleistoceno y se constituye de material litológico con áreas de aporte lejanas en el cratón brasileño, o sea, de norte a sur e ingresando con notoria capacidad erosiva

basal. Este complejo sedimentario comprende las Formación Ituzaingó y Salto Chico, pero los ambientes fluviales son en realidad el ambiente predominante hasta la actualidad, encontrando su expresión en las unidades más modernas como la Formación Ubajay o en sus facies de menor energía como al Formación Hernandarias y otras relacionadas. No se descarta la posibilidad de neotectónica en la región, que, con los datos y métodos de trabajo hasta el presente, de existir, no puede demostrarse fehacientemente. Si sumamos a esto el efecto del apilamiento de la columna sedimentaria, se enmascara la posibilidad de control estructural profundo heredado del mesozoico y la escasa magnitud de los procesos tectónicos andinos son superados por la capacidad erosiva de esta unidad. Como se supondrá, en este contexto es muy difícil asegurar algún tipo de control estructural previo significativo sobre estas unidades.

Por todo lo expuesto por diversos autores se entiende que no se verifica evidencia superficial de control estructural profundo a excepción del límite nororiental del delta que puede funcionar como zócalo competente a la erosión y controlar así su espacio deposicional y probablemente la región de cauce actual del río Paraná donde ocurra un proceso similar controlado por las barrancas del margen entrerriano.

3. Caracterización geológica de la cuenca del arroyo El Palmar

3.1 Estratigrafía de la cuenca del arroyo El Palmar

3.1.1 Cretácico Superior – Formación Puerto Yerúa (De Alba y Serra, 1959)

Esta formación se encuentra en la cuenca baja del arroyo El Palmar y su principal afloramiento está en la desembocadura del arroyo El Palmar al río Uruguay. El estudio de los afloramientos, por el acceso a los mismos, se realizó en el presente trabajo, principalmente en la barranca de la intendencia del Parque Nacional El Palmar y las instalaciones de Prefectura Naval La Calera. La misma zona fue evaluada por Tófalo (1986) y Tófalo y Pazos (2002) en trabajos realizados sobre esta formación, la cual es de edad cretácica tardía, de acuerdo con von Huene (1929) a partir del hallazgo de un hueso de húmero de *Argyrosaurus superbus* en la barranca de estudio, más precisamente en la antigua Calera Barquín. En lo que respecta a las observaciones de campo, pudieron identificarse 2 unidades litológicas bien diferenciadas. Una unidad superior, dominada por material calcáreo, y una unidad inferior, cuya dureza y características permitían inferir que se trata de una unidad mayoritariamente silíceo. Esta unidad no siempre aflora, dado que está supeditada a la cota del nivel del río Uruguay. Las figuras 7 y 8 muestran los afloramientos en la costa del parque nacional. Los mismos presentan exposición en estiaje formando un acantilado de unos 10 a 12 m de altura.



Figura 7. Vista del afloramiento costero de la Formación Puerto Yeruá, desde la Intendencia del Parque Nacional El Palmar, donde puede observarse la unidad superior predominantemente calcárea.

La unidad superior, predominantemente calcárea, es la que fue explotada en la región para abastecer de cal a la ciudad de Buenos Aires en la época colonial. Así también, cabe mencionar que en las dos captaciones de agua que se realizaron en el Parque Nacional El Palmar, denominadas ER223 y ER222, se registró en las profundidades de 26 y 37 m b.b.p. respectivamente.



Figura 8. Afloramiento de la unidad superior de la Formación Puerto Yeruá en el Parque Nacional El Palmar. Puede observarse como el material carbonático, presente en los afloramientos, generan cuevas.

De las muestras de mano, tal como puede observarse en las figuras 9 y 10, se evidencia el material calcáreo tamaño arena gruesa color blanquecino, con venas de cuarzo. Tanto en muestra de mano, como así también lo describe Tófalo y Pazos (2002), el material mayoritario es carbonático y, según estos autores, puede ser clasificada como wackestone, con mudstone subordinado. Tófalo y Pazos (2002) concluyen que los calcretes de la Formación Puerto Yeruá presentan características micromorfológicas correspondientes a fábrica alfa y se habrían formado en áreas sometidas a climas semiáridos con escasa actividad biológica, estando vinculado a las variaciones temporales del nivel freático.



Figura 9. Muestra de la Formación Puerto Yeruá fuertemente calcretizada.



Figura 10. Muestra de la Formación Puerto Yeruá, corte y pulido, donde se observan venas de cuarzo.

3.1.2 Mioceno - Formación Paraná (Camacho, 1967; Yrigoyen, 1969; Aceñolaza, 1976; Herbst y Zabert, 1987)

Esta unidad no aflora en la cuenca del arroyo El Palmar. Fue registrada durante las perforaciones realizadas para la instalación de las captaciones ER251 y ER222 a los 102 m y 33 m respectivamente. La descripción del *cutting* de perforación de los pozos mencionados, permitió identificar granulometría fina, tipo arcilla, color verde oscuro.

3.1.3 Plioceno - Formación Salto Chico (Rimoldi, 1963)

Estos afloramientos descritos por dichos autores han sido cubiertos por el agua almacenada en el embalse de la Presa Salto Grande. En la actualidad son accesibles algunos afloramientos sobre la costa del río Uruguay aguas abajo de la presa en momento de “embalsamiento de reserva”. Durante la perforación de la captación ER251, el espesor atravesado fue de 76 m, mientras que en la captación ER222, el espesor fue de 21 m. Esto denota un acúñamiento de esta formación hacia el Este, condicionada por el fallamiento inferido que puede ser explicado por la identificación de la formación Puerto Yerúa en los SEVs 1 y 6 y las captaciones ER222 y ER223, como así también su ausencia en los SEVs 12 y 16 y tampoco se atravesó durante la perforación ER251.

La litología de las perforaciones mencionadas se describe como gravas clasto sostén con una matriz arcillo limosa de colores pardo rojizo, blanquecía, castaño claro u otras. Puede presentar intercalaciones de arcillas castaños claros y/o verdosos. Los clastos suelen ser de ópalo y calcedonia y en menor proporción de composición basáltica o arcillosa. Comúnmente de buena redondez y selección. En los pozos más profundos ubicados hacia el oeste (zona de cabecera del arroyo El Palmar) esta unidad frecuentemente presenta dos ciclos fluviales bien represados. Los mismos están frecuentemente separados por un paquete arcilloso de poca potencia (Silva Busso y Amato, 2017). Como parte integral y correlacionable del sistema fluvial plio-pleistoceno la verdadera extensión regional en profundidad supera ampliamente la zona de estudio aquí propuesta. Pero desde un punto de vista litológico, ésta facie sería correlacionable con la Formación Salto, la que como se mencionó que aflora en la vecina República Oriental del Uruguay cerca, y sobre la costa, del río Uruguay sobre todo al norte de Salto (Groso y Bossi, 1966; Bossi *et al.*, 1975). Hacia el este consideraremos su límite la transición con las arenas de la Formación Ituzaingó. En el Parque Nacional El Palmar esta unidad subyace en contacto con la Formación Ubajay siendo el tipo de contacto neto entre ambas y siendo sus litologías muy similares, de gravas y arenas intercaladas, que dificultan la identificación. Aunque algunas de las

características de esta última son distintivas, no están siempre presentes en el registro y con facilidad se confunden sus respectivos límites.

La Formación Salto Chico no aflora en la zona de estudio, pero se presenta en la Figura 11 los afloramientos mejor expuestos actualmente, en el destape de la Cantera Scévola en Villa Zorroaqué, al norte de la ciudad de Concordia.



Figura 11. Afloramiento de la Formación Salto Chico en Cantera Scévola (-58,00101W y -31,31882S), Villa Zorroaqué, Concordia. Puede observarse la presencia de material clástico tamaño grava media a gruesa intercala con arena gruesa.

3.1.4 Pleistoceno – Formación Hernandarias (Roig, 1956)

Esta unidad se puede observar en la cuenca media y alta del arroyo El Palmar. La misma es difícil de encontrar afloramientos, pudiendo observar material posiblemente atribuible sobre el cauce principal del arroyo El Palmar. En su mayor extensión se encuentra subyacente a la cubierta edáfica, por lo que la interpretación de los límites en el mapa geológico, pudo inferirse a partir del conocimiento del registro de *cutting* durante las perforaciones realizadas en las captaciones ER251 y ER222, como así también las interpretaciones de los SEVs también permitieron acotar la zona de contactos y, otra herramienta utilizada, fue las observaciones de los patrones del diseño fluvial, a partir de los cambios de densidad de drenaje y hábitos que adquiere el arroyo El Palmar y sus afluentes cuando drenan sobre la Formación Hernandarias,

siendo distinto el patrón cuando su drenaje es sobre el lecho que está en contacto con la Formación Ubajay. El uso del suelo también fue considerado al momento de establecer los límites en el mapa geológico, entre las Formaciones Hernandarias y Ubajay.

Las descripciones de afloramientos son escasas y poco concluyentes. Estas arcillas predominan por presentarse como masivas o una ligera laminación paralela de colores grisáceos como predominante, pero también en castaño y castaño grisáceo, y con características de muy plásticas y cohesivas. En periodos de estiaje, pueden observarse los afloramientos en el cauce de los afluentes del arroyo El Palmar (Figura 12).



Figura 12. Afloramiento de la Formación Hernandarias, arroyo El Palmar. Si bien existe cobertura vegetal sobre los afloramientos, puede distinguirse la granulometría fina, mayoritariamente arcillosa, que componen los mismos.

3.1.5 Holoceno - Formación Ubajay (Gentili y Rimoldi, 1979)

Esta unidad se encuentra aflorando sobre el cauce del arroyo El Palmar desde la cuenca media hasta gran parte de la cuenca inferior. Así también, pudo

identificarse en las 2 captaciones realizadas en el Parque Nacional El Palmar, ER222 y ER223, cuyos espesores fueron de 12 m y 18 m respectivamente.

En los afloramientos predominan las arenas finas a medianas de colores rojos, amarillentos y ocre donde intercalan niveles conglomerádicos matriz sostén de poco espesor con rodados de ópalo, calcedonia y cuarzo blanco y eventualmente fragmentos de basalto. También se observan intercalaciones de arcillas y limo de los colores ya mencionados. Hacia el techo se observa con frecuencia niveles silcretizados muy consolidados y de no más de un metro de espesor. Aunque Gentili y Rimoldi (1979) mencionan una matriz arenosa mediana a fina y un 10% de material limo arcillosos, Masú *et al.*, (2011) determina porcentajes mayores lo que además tiene una notoria influencia en su productividad acuífera. En las captaciones se encuentra representada en los primeros 20 a 24 m de profundidad y de techo a base se describen como arenas medias a gruesas de color castaño a blanquecinas, intercalan limos de color amarillento, poco consolidados. Luego pasa a reconocerse un conjunto de arenas finas de color castaño amarillento que intercalan limos de igual color, presentando niveles poco consolidados. Finalmente, y de forma cuspidal se presentan arenas finas a muy finas de color castaño grisáceo, intercalan limos y arcillas de color gris claro. Existen diversos afloramientos en el parque nacional, aunque solo alcanza a verse la parte cuspidal de la unidad (Figuras 13 y 14).

Las muestras de mano permitieron observar, en su mayoría, que esta formación está compuesta principalmente por material grueso tipo arena, como así también conglomerados clasto y grano sostén. La composición es silíceo con presencia minoritaria de micas. El color puede variar desde castaño hasta ocre (Figura 16). Se identificaron niveles fuertemente litificados sobre la planicie aluvial del arroyo El Palmar, los cuales actúan como *nick point*, generando el desvío del cauce principal del arroyo (Figura 15).



Figura 13. Afloramiento de la Formación Ubajay en zonas de ex canteras del Parque Nacional El Palmar. Se registra un nivel superior con material grueso tamaño grava media en una matriz arenosa. En el sector inferior del perfil se observa material arenoso, intercalado con un banco de grava clasto sostén.



Figura 14. Afloramiento de la Formación Ubajay en el Parque Nacional El Palmar. Puede observarse la presencia de material clástico de tamaño grava media, intercalado con arena gruesa a media. Así también, en la parte superior del perfil se observa un banco de yeso.



Figura 15. Niveles psamíticos, fuertemente silcretizados (Formación Ubajay), en la cuenca inferior del Arroyo El Palmar, donde puede observarse una laminación planar.



Figura 16 (izq.) Detalle de los niveles arenosos silcretizados. **(der.)** Brechas silcretizadas (Formación Ubajay) Arroyo El Palmar.

3.1.6 Sedimentos Fluviales/Lacustres Actuales

La presencia de estos sedimentos se asigna a la cuenca media del arroyo El Palmar, la cual, en épocas de precipitaciones (húmeda), generan una zona de encharcamiento del sistema fluvial, generando morfologías lacustres, que bien puede diferenciarse en las imágenes satelitales utilizadas. Así también, en épocas secas, puede observarse la planicie aluvial del arroyo El Palmar. La composición de los mismos es mayoritariamente de material fino, de tamaño arcilla, producto del retrabajo de la Formación Hernandarias. No se disponen de fotografías en el arroyo Palmar de esta unidad, por lo que, ante

esta situación y con motivo de ilustrar estos sedimentos, la Figura 17 muestra un afloramiento en el arroyo Yuquerí Chico, cerca de la ciudad de Concordia.



Figura 17. Sedimentos Fluviales Actuales, arroyo Yuquerí Chico, Concordia. Puede observarse la composición fina de los sedimentos, generados a partir del retrabajo de la Formación Hernandarias.

3.2 Perfiles de perforaciones

ER222 (-31°52'56.12"S y -58°19'13.32"O, 18 msnm)

Ubicado en Parque Nacional el Palmar en la zona de La Capilla (ver mapa geológico en Anexo I) es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base a las muestras recolectadas durante la perforación, se realizó el siguiente perfilaje, el cual puede se adjunta a continuación.

0 – 12 m b.b.p. Arenas mediana a gruesa de color blanquecino grisáceo, poco consolidadas y de composición cuarzosa (calcedonia).

12 – 17 m b.b.p. Arenas medianas de color castaño blanquecino, poco consolidadas y de composición cuarzosa (calcedonia).

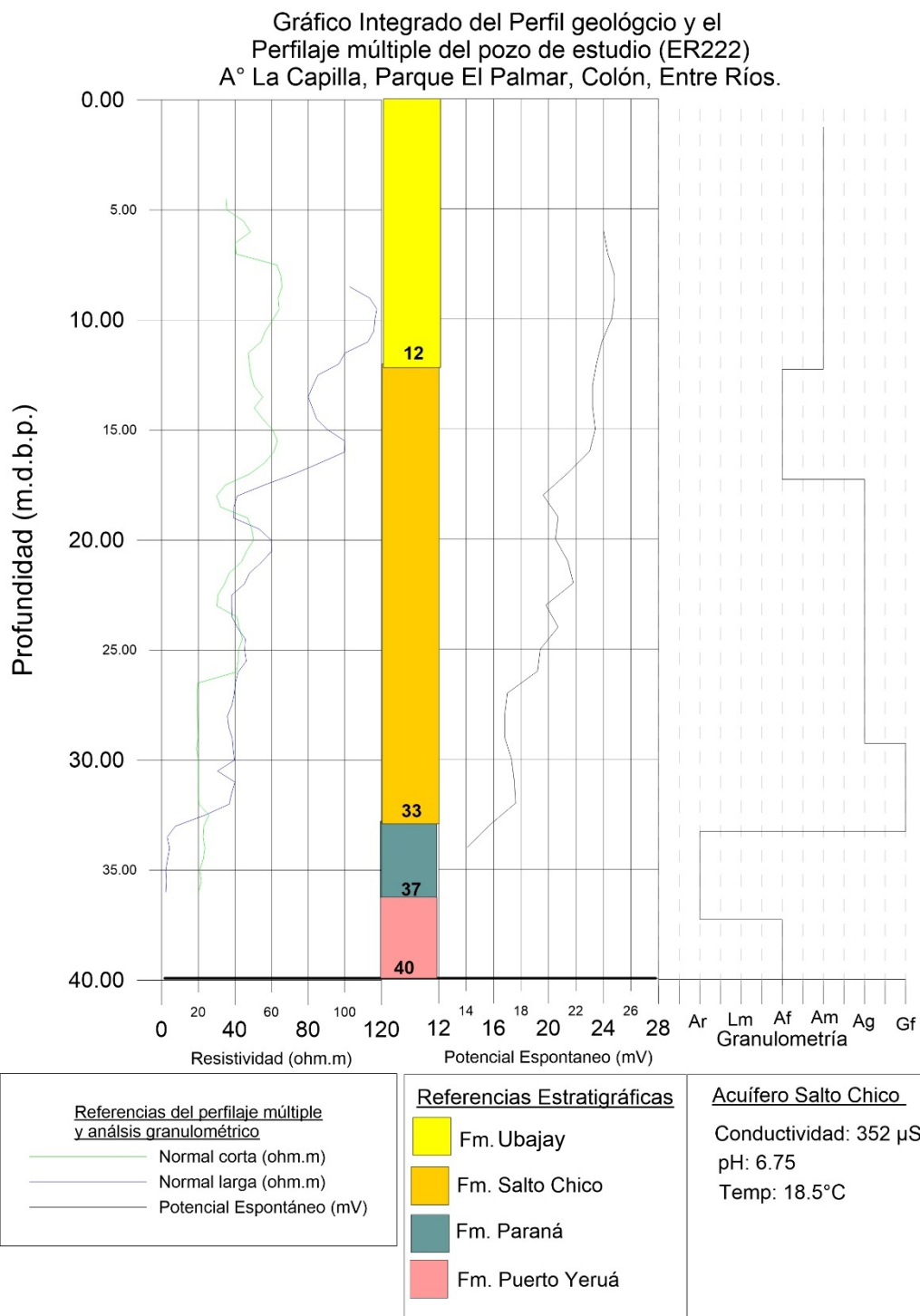
17 – 29 m b.b.p. Arenas gruesas de color castaño amarillento, presentando niveles poco consolidados con cemento y de composición cuarzosa (calcedonia).

29 – 33 m b.b.p. Gravas finas de colores diversos entre castaño amarillento a castaño oscuro, de composición calcedonia, subangulosos, con matriz limosa y sin consolidar.

33 – 37 m b.b.p. Arcillas verdosas, plásticas, cohesivas sin consolidar.

37 – 40 m b.b.p. Limos y Arcillas blancos a rojizos fuertemente cementados calcretizados y silcretizados.

De las muestras recolectadas durante la perforación, a partir del análisis de *cutting*, puede interpretarse que de 0 a 12 m b.b.p. se atravesó la Formación Ubajay. A partir de los 12 m b.b.p. y hasta los 33 m b.b.p., los sedimentos evaluados pudieron atribuirse a la Formación Salto Chico. Entre los 33 m b.b.p. y los 37 m b.b.p. se registró una lente de sedimentos finos verdosos, correspondientes a la Formación Paraná. A partir de los 37 m b.b.p. y hasta la finalización de la perforación (40 m b.b.p.) se recuperaron muestras de la Formación Puerto Yerúa.



ER223 (-31°51'52,0"S y -58°15'30.0"O, 26 m s.n.m.)

Ubicado en Parque Nacional el Palmar en la zona de La Glorieta (ver mapa geológico en Anexo I) es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base a las muestras extraídas, se realizó el siguiente perfilaje que adjunta a continuación.

0 – 9 m b.b.p. Arenas finas a muy finas de color castaño grisáceo, intercalan limos y arcillas de color gris claro.

9 – 15 m b.b.p. Arenas finas de color castaño amarillento, intercalan limos de color amarillento, cementado presentando niveles poco consolidados con cemento.

15 – 18 m b.b.p. Arenas medias a gruesas de color castaño a blanquecinas, intercalan limos de color amarillento, cementado presentando niveles poco consolidados con cemento.

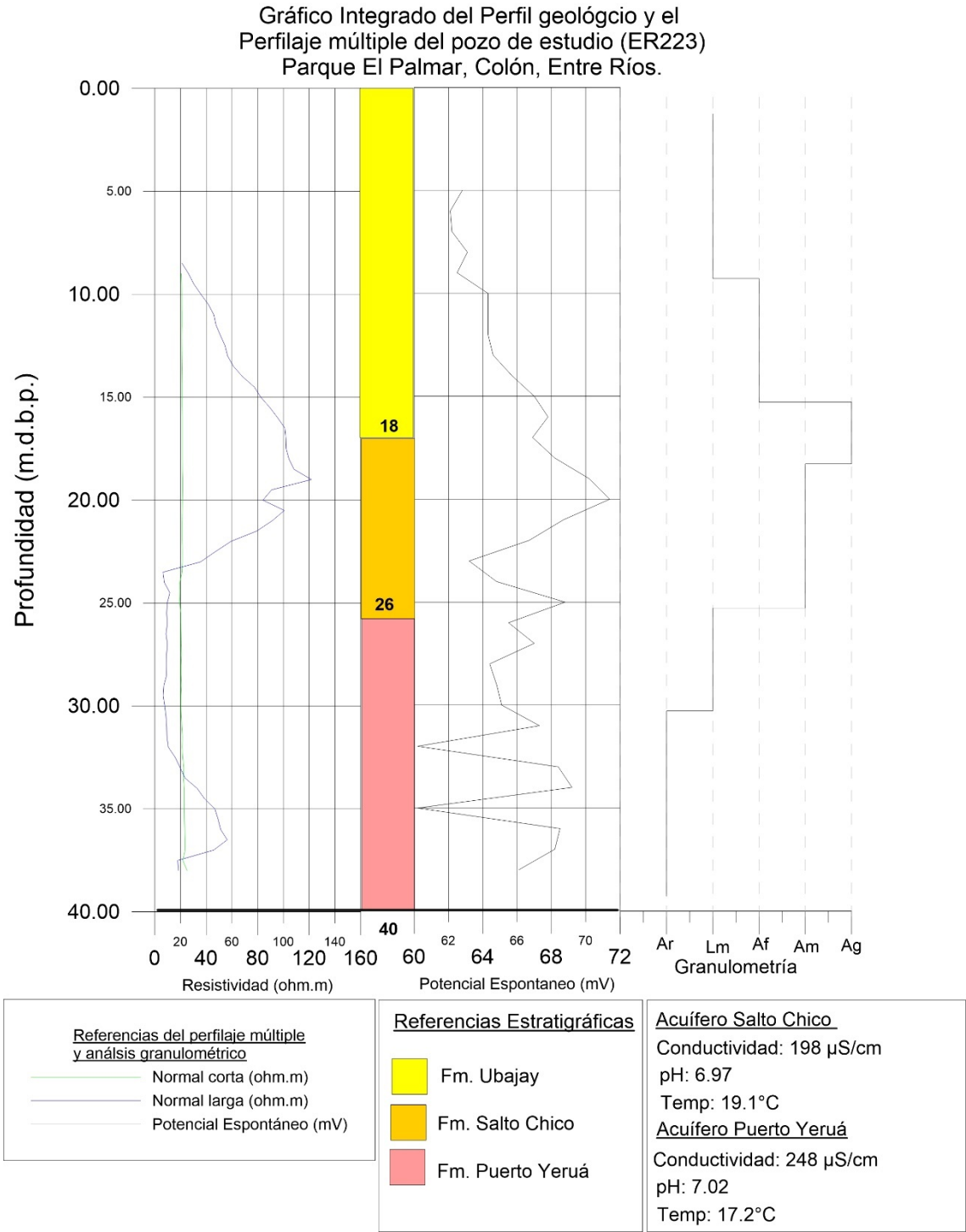
18 – 24 m b.b.p. Arenas medias de color amarillento, intercalan limos de color amarillento, cementado presentando niveles poco consolidados con cemento.

24 – 26 m b.b.p. Gravas finas de color castaño claro, muy consolidada y cementado con cemento silíceo (silcretos).

26 – 40 m b.b.p. Limos y Arcillas blancos a rojizos fuertemente cementados concretizados y sincretizados.

Esta perforación cuenta con un perfilaje resistivo y potencial espontáneo que permitió correlacionar el estudio geológico a partir de los testigos de muestreo de recortes metro a metro. La perforación se perfiló hasta 39 m b.b.p. Se operó con registros continuos de resistividad y potencial espontáneo, como puede apreciarse en el perfil integrado. Los perfilajes resistivos realizados indican valores de resistividad que se han interpretado y pueden corresponder a niveles de aporte de aguas dulces o niveles calcretizados y/o silcretizados. La variación de la resistividad para una misma

calidad de agua, obedece a diferencias litológicas en la formación. Se han corregido los datos de pases formacionales obtenidos a partir del análisis litológico del pozo de estudio, realizando un perfil geológico y en forma paralela un perfilaje resistivo. Las profundidades del perfilaje han dependido de la conservación de la perforación y la estabilidad de la misma. El tramo superior entre los 0 m b.b.p. hasta los 18 m b.b.p., corresponde a la Formación Ubajay (niveles más permeables con aguas dulces), de 18 a 26 m b.b.p. corresponden a sedimentos de la Formación Salto Chico y entre los 26 – 40 m b.b.p. corresponde a la Formación Puerto Yeruá.



PAL-3 (-31°51'12.3"S y -58°19'11.4"O, 35 m s.n.m.)

Ubicado en la entrada al Parque Nacional el Palmar con denominación provisoria PAL-3 (ver mapa geológico en Anexo I) no se dispone de perfilaje geofísico, ni diseño constructivo del pozo y no está validado en la BDP-ER (2024). En base a las muestras observadas por el responsable perforista durante la ejecución de la captación, se describe el siguiente perfil.

0 – 11 m b.b.p. Arenas mediana a gruesa de color blanquecino grisáceo, poco consolidadas y de composición cuarzosa (calcedonia).

11 – 16 m b.b.p. Arenas medianas de color castaño blanquecino, poco consolidadas y de composición cuarzosa (calcedonia).

16 – 31 m b.b.p. Arenas gruesas de color castaño amarillento, presentando niveles poco consolidados con cemento y de composición cuarzosa (calcedonia).

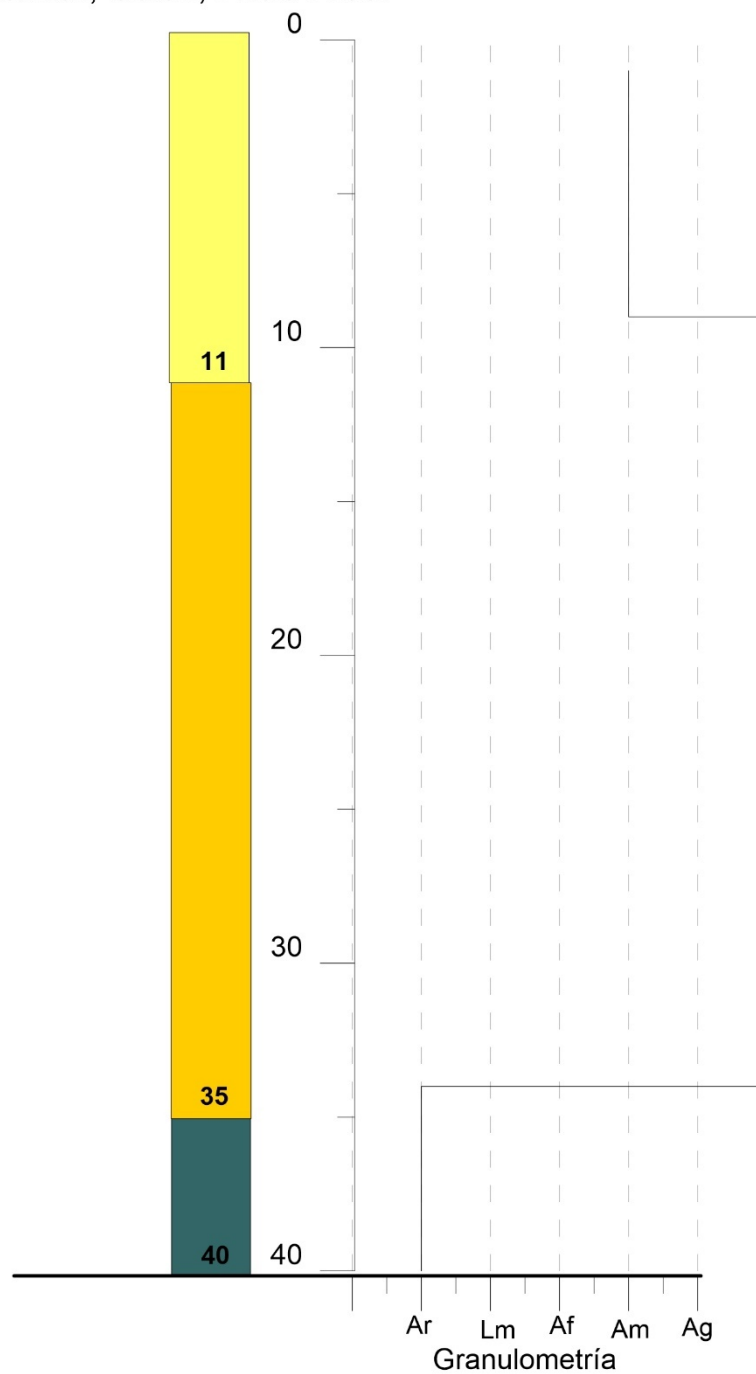
31 – 35 m b.b.p. Gravas finas de colores diversos entre castaño amarillento a castaño oscuro, de composición calcedonia, subangulosos, con matriz limosa y sin consolidar.

35 – 38 m b.b.p. Arcillas verdosas, plásticas, cohesivas sin consolidar.

38 – 40 m b.b.p. Limos y Arcillas blancos a rojizos fuertemente cementados calcretizados y silcretizados.

Se puede interpretar del registro litológico que de los 0 a 11 m b.b.p. los sedimentos atravesados corresponden a la Formación Ubajay. Entre los 11 a 35 m b.b.p. se trataría de material grueso perteneciente a la Formación Salto Chico. Continúa en profundidad, entre los 35 a 38 m b.b.p. material fino y verdoso de la Formación Paraná. Y finalmente, a partir de los 38 m b.b.p. hasta la finalización de la perforación se recuperó material de la Formación Puerto Yeruá.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (PAL-3)
Parque El Palmar, Colón, Entre Ríos.



Referencias Estratigráficas

- Fm. Ubajay
- Fm. Salto Chico
- Fm. Paraná

PAL-4 (-31°52'06.4"S y -58°12'34.5"O, 27 m s.n.m.)

Ubicado en la Intendencia del Parque Nacional el Palmar con denominación provisoria PAL-4, sobre la costa del río Uruguay (ver mapa geológico en Anexo I) no se dispone de perfilaje, ni conocimiento del diseño constructivo, y no es un pozo validado en la BDP-ER (2024). La descripción litológica se realizó sobre la base de la observación de la barranca a 200 m de distancia. La captación posee 40 m de profundidad, pero solo pueden inferirse los primeros 25 m de afloramientos en la barranca. Se propone el siguiente perfil que se adjunta a continuación.

0 – 1 m b.b.p. Suelo edáfico

1 – 6 m b.b.p. Arcilla limosa de color rojo intenso, masiva, consolidada con cemento silicio y carbonático en conjunto. Presenta una intensa fisuración.

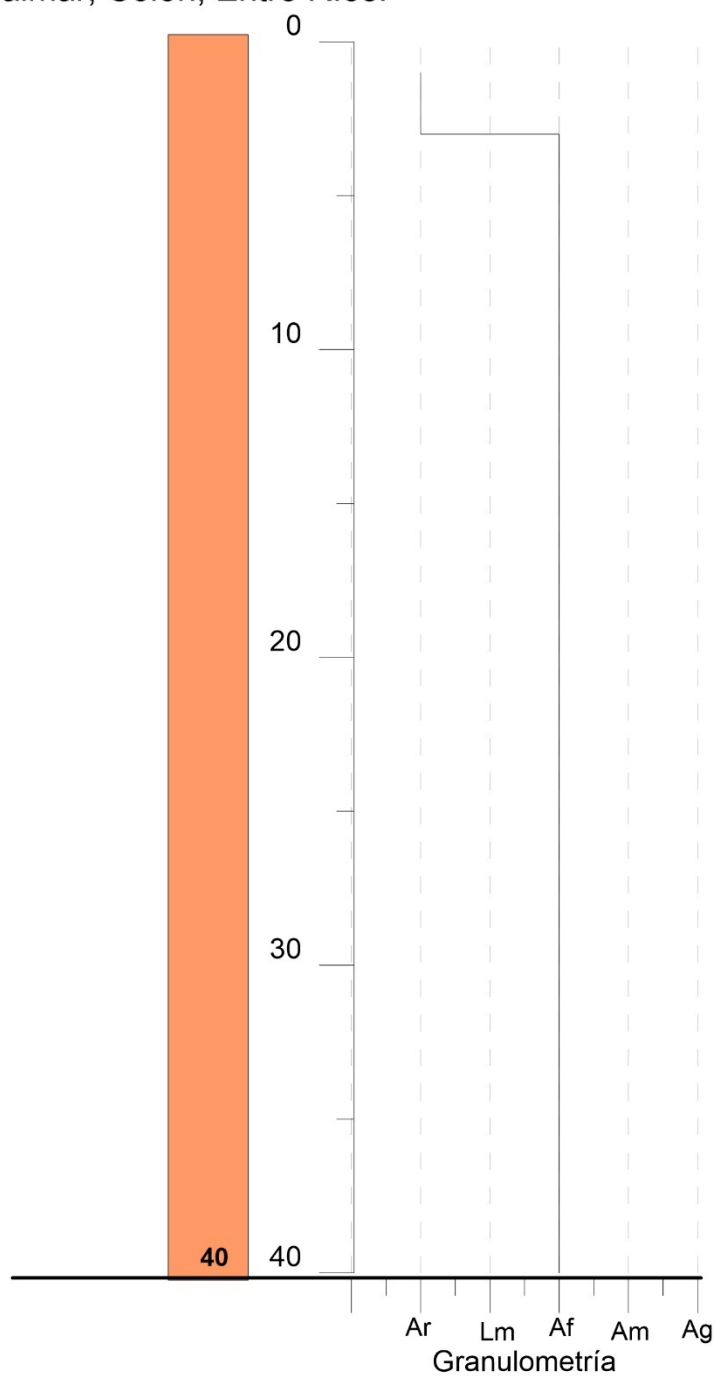
6 – 11 m b.b.p. Arenisca de color gris blanquecino a rosado pálido de tamaño de grano arena mediana y presenta intercalado material limo y/o arcillas de color rojo más intenso. Muy consolidada con cemento silíceo y carbonático con intensa fisuración.

11 – 25 m b.b.p. Conglomerado o brecha de color gris blanquecina en conjunto, fuertemente consolidados con cemento silíceo. Muestra una intensa fracturación.

25 – 40 m b.b.p. Sin registro geológico.

El pozo correspondería en toda su extensión a la Formación Puerto Yeruá, cuya unidad hidrogeológica tiene la propiedad de ser roca fuertemente fisurada.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (PAL-4)
Parque El Palmar, Colón, Entre Ríos.



Referencias Estratigráficas

 Fm. Puerto Yeruá

PAL-5 (-31°53'25.6"S y -58°12'17.1"O, 19 m s.n.m.)

Ubicado en el puesto de Prefectura Naval Argentina, dentro del Parque Nacional el Palmar con denominación provisoria PAL-5, sobre la costa del río Uruguay (ver mapa geológico en Anexo I) no se dispone de perfilaje ni diseño constructivo del mismo y no es un pozo validado en la BDP-ER (2024). El perfil se realizó sobre la base de la descripción de la geología en la barranca que se ubica a 25 m del pozo. La captación posee 40 m de profundidad, pero solo pueden inferirse los primeros 28 m, asociados a los afloramientos presentes en la barranca. Se propone el siguiente perfil, el cual se incluye a continuación.

0 – 0,5 m b.b.p. Suelo edáfico

0,5 – 8 m b.b.p. Arcilla limosa de color rojo intenso, masiva, consolidada con cemento silíceo y carbonatico en conjunto. Presenta una intensa fisuración.

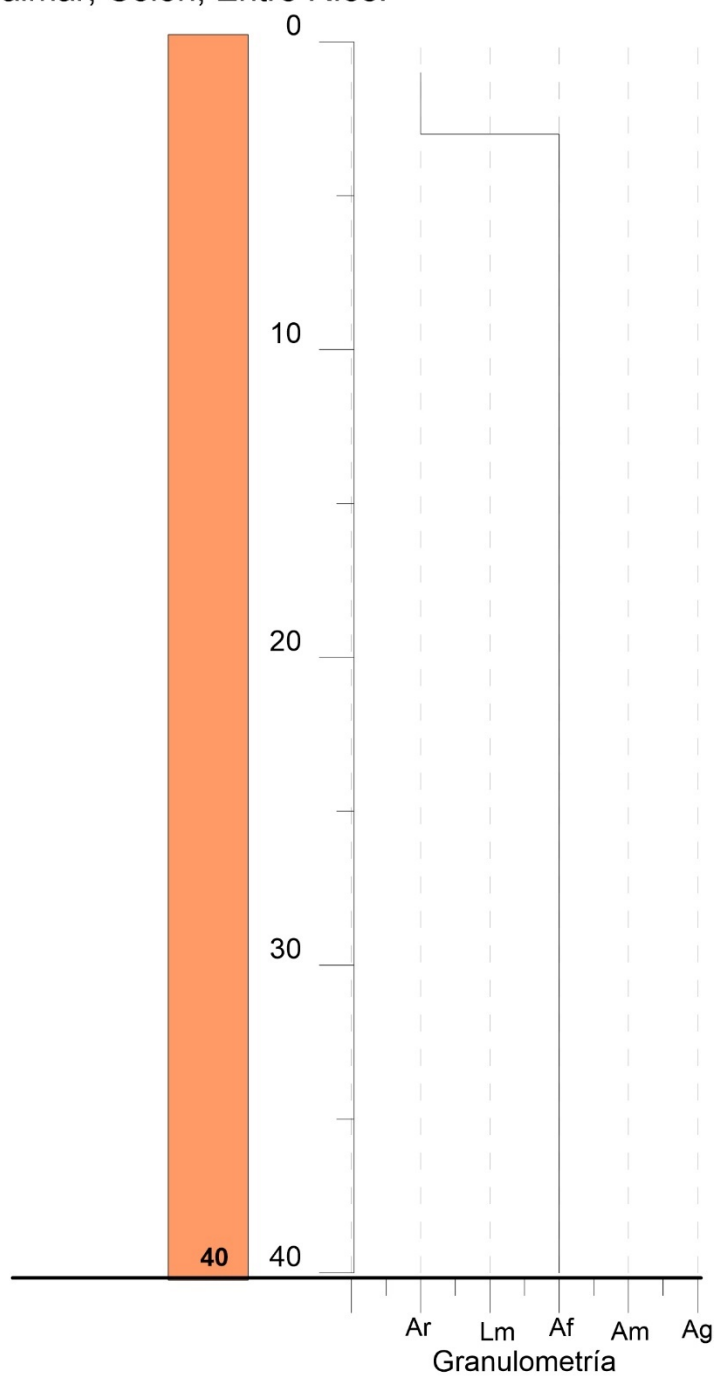
8 – 14 m b.b.p. Arenisca de color gris blanquecino a rosado pálido de tamaño de grano arena mediana y presenta intercalado material limo y/o arcillas de color rojo más intenso. Muy consolidada con cemento silíceo y carbonatico con intensa fisuración.

14 – 28 m b.b.p. Conglomerado o brecha de color gris blanquecina en conjunto, fuertemente consolidados con cemento silíceo. Muestra una intensa fracturación.

28 – 40 m b.b.p. Sin registro geológico

Al igual que el pozo ubicado en la Intendencia del Parque Nacional El Palmar, el material atravesado del pozo detallado corresponde en toda su extensión a la Formación Puerto Yerúa.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (PAL-5)
Parque El Palmar, Colón, Entre Ríos.



Referencias Estratigráficas

 Fm. Puerto Yeruá

ER251 (-31°40'22,04"S y -58°24'11.11"O, 60 m s.n.m.)

Ubicado en la Estancia La Reserva (ver mapa geológico del Anexo I) es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base las muestras extraídas se describen el siguiente perfilaje que puede observarse adjunto a continuación.

0 – 1,5 m b.b.p. Cubierta Edáfica

1,5 – 26 m b.b.p. Arcilla gris blanquecina con restos de materia orgánica.

26 – 32 m b.b.p. Arena media color amarillo castaño, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección.

32 – 34 m b.b.p. Arena media sabulítica color amarillo rosado, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección. Intercala clastos de tamaño grava fina

34 – 38 m b.b.p. Conglomerado fino a medio, de color castaño amarillento, matriz sostén. La fracción clásica superior se compone de clastos polimícticos de un diámetro promedio de 30 mm y composición volcánica, plutónica y metamórfica. La matriz se compone de arena media color amarillo castaño, posee composición lítica cuarzosa. Es poco consolidado y de mala selección.

38 – 50 m b.b.p. Conglomerado medio, de color castaño amarillento, clasto sostén. La fracción clástica superior se compone de clastos polimícticos de un diámetro promedio de 45 mm y composición volcánica, plutónica y metamórfica. El matiz es escaso y se compone de arena media color amarillo castaño, posee composición lítica cuarzosa. Es poco consolidado y de mala selección.

50 – 56 m b.b.p. Arcilla limosa de color castaño claro blanquecina con restos, poco consolidada, cohesiva, intercala clastos de tamaño grava fina posee restos de materia orgánica.

56 – 62 m b.b.p. Arcilla de color castaño amarillenta, poco consolidada, cohesiva, intercala clastos de grava fina y arena gruesa. Posee restos de materia orgánica

62 – 64 m b.b.p. Arena fina a muy fina, arcillosa, de color amarillo castaño, posee composición lítica-cuarzosa, poco consolidada de regular selección.

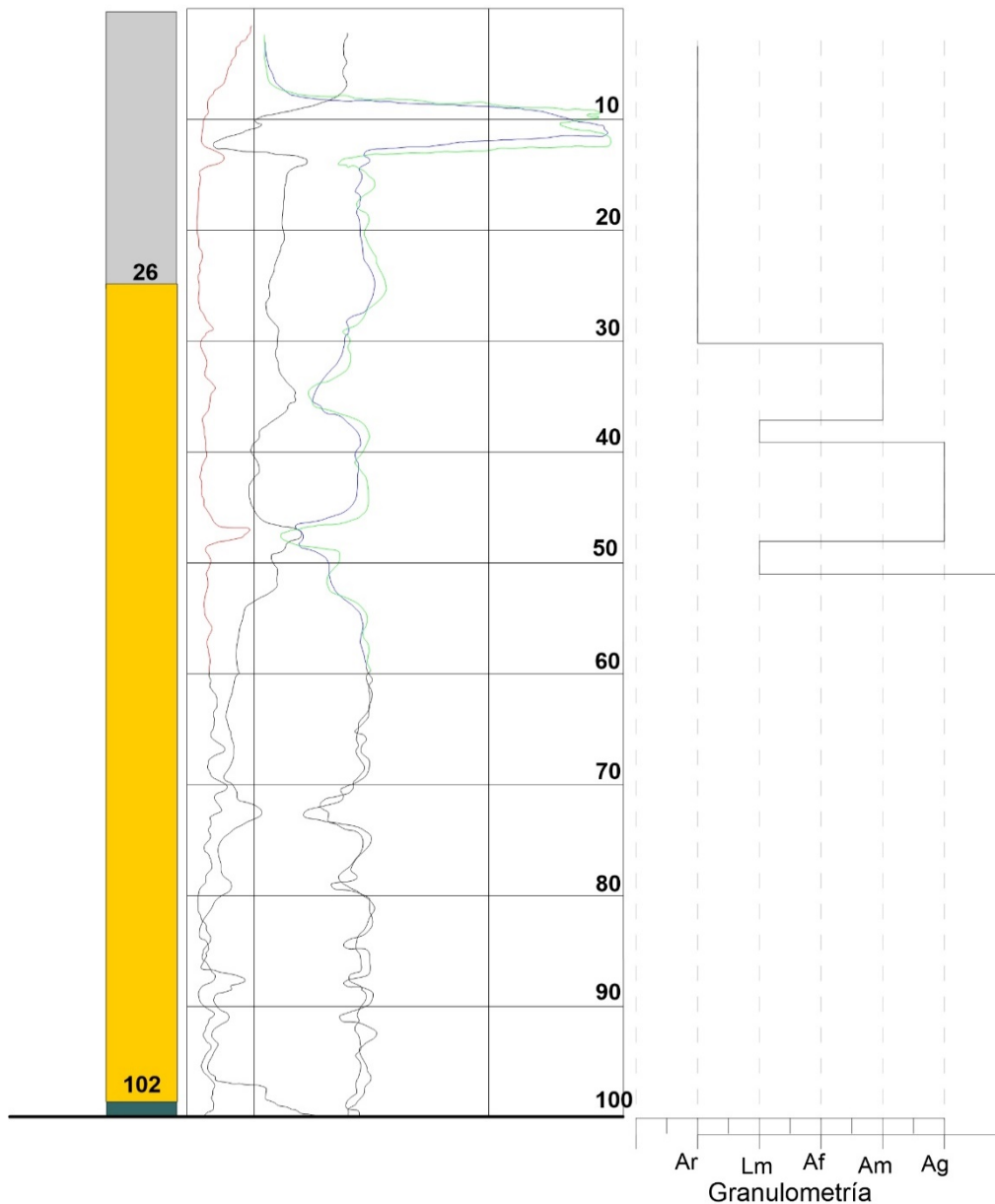
64 – 72 m b.b.p. Conglomerado fino a medio, de color verde oliva, matriz sostén. La fracción clástica superior se compone de clastos polimícticos de un diámetro promedio de 45mm y composición lítica. La matriz se compone de arena media color verde oliva, posee composición lítica cuarzosa. Es poco consolidado y de mala selección. Intercala niveles de arena gruesa a mediana de característica similar a la matriz.

72 – 102 m b.b.p. Conglomerado fino a medio, de color verde oliva, clasto sostén. La fracción clástica superior se compone de clastos oligomícticos de un diámetro promedio de 45 mm y composición silícea. La matriz se compone de arena media color verde oliva, posee composición lítica cuarzosa. Es poco consolidado y de mala selección.

102 – 108 m b.b.p. Lutita de color verde oliva, muy consolidada, masiva.

Esta perforación incluye perfilaje resistivo, potencial espontáneo y gama natural (ver perfil adjunto) y el mismo se realizó con la perforación libre, razón por la cual las profundidades de los sondeos han dependido de la conservación de la perforación y la estabilidad de la misma, perfilado hasta los 102 m b.b.p. considerándose una aproximación satisfactoria. En general los perfiles muestran un alto grado de semejanza de sus valores de resistividad entre normal corta y larga. Se puede interpretar que los valores de resistividad son altos y responden a niveles que aportan aguas con buena calidad debido a su elevada resistividad. Además, la diferencia apreciable entre la normal corta y larga permite interpretar una porosidad y permeabilidad secundaria importante. La señal gamma natural señala perfectamente los pases formacionales entre las Formaciones Hernandarias-Salto Chico (26 m b.b.p.) y las Formaciones Salto Chico-Paraná (102 m b.b.p.).

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (ER251)
Ea.La Reserva, San Salvador, Entre Ríos.



Referencias Perfilaje	
—	Normal corta (ohm.m)
—	Normal larga (ohm.m)
—	Gamma natural (cpi)
—	Potencial espontáneo SP (mv)

Referencias Estratigráficas	
	Fm. Hernadarias
	Fm. Salto Chico
	Fm. Paraná

ER252 (-31°41'17.40"S y -58°23'53.30"O, 53 m s.n.m.)

Ubicado en la Estancia La Reserva (ver mapa geológico en Anexo I) es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base a las muestras extraídas se describe el siguiente perfil, el cual se adjunta a continuación.

0 – 1,3 m b.b.p. Cubierta Edáfica

1,3 – 10 m b.b.p. Arcilla gris blanquecina con restos de materia orgánica.

10 – 13 m b.b.p. Arena muy fina, color amarillo castaño, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección.

13 – 28 m b.b.p. Arena Fina a media sabulítica color rosado, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección. Intercala arcilla hacia la base de la secuencia.

28 – 36 m b.b.p. Arena media a gruesa sabulítica color rosado, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección. Intercala arcilla hacia la base de la secuencia.

36 – 42 m b.b.p. Arena gruesa a media sabulítica color rosado, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección. Intercala arcilla hacia la base de la secuencia.

42 – 48 m b.b.p. Arena Fina a media sabulítica color rosado, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección. Intercala arcilla hacia la base de la secuencia.

48 – 50 m b.b.p. Arena muy gruesa sabulítica color rosado, posee composición lítica cuarzosa, poco consolidada de buena selección. Intercala arcilla hacia la base de la secuencia.

50 – 64 m b.b.p. Conglomerado fino a medio, de color castaño amarillento, matriz-sostén. La fracción clásica superior se compone de clastos polimícticos de un diámetro promedio de 30 mm y compasión volcánica, plutónica y

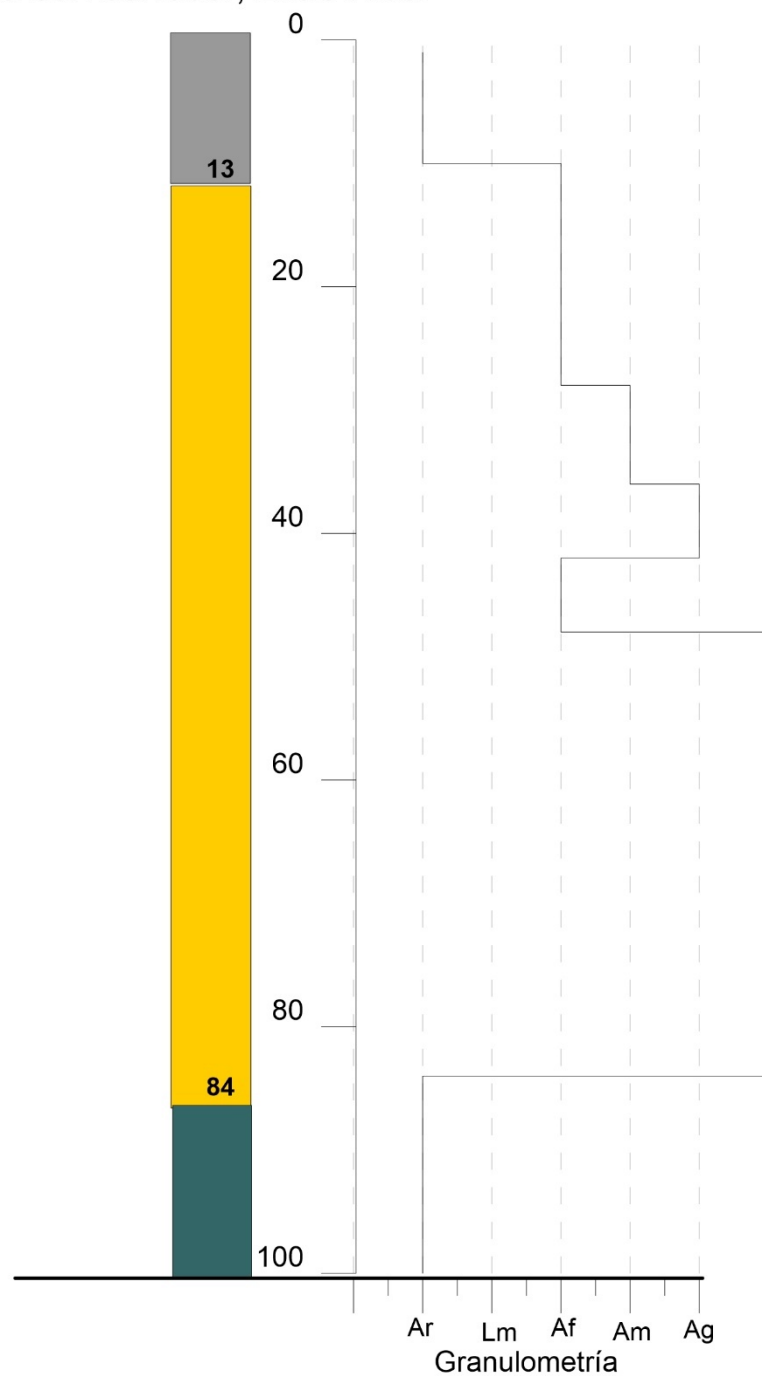
metamórfica. La matriz se compone de arena media color amarillo castaño, posee composición lítica cuarzosa. Es poco consolidado y de mala selección.

64 – 84 m b.b.p. Conglomerado medio, de color castaño amarillento, clasto sostén. La fracción clástica superior se compone de clastos polimícticos de un diámetro promedio de 45 mm y composición volcánica, plutónica y metamórfica. La matriz es escasa y se compone de arena media color amarillo castaño, posee composición lítica cuarzosa. Es poco consolidado y de mala selección.

84 – 100 m b.b.p. Arcilla de color verde oliva, muy consolidada, masiva.

El pozo se ubica dentro de la misma estancia que el pozo ER251, siendo cercano al mismo y, consecuentemente, el perfil litológico es similar. En este caso se interpretó que los primeros 13 m atravesados corresponden a la Formación Hernandarias. Entre los 13 a 84 m b.b.p. se registró material correspondiente a la Formación Salto Chico. Desde los 84 m b.b.p. hasta el final de la perforación se atravesó material fino consolidado de color verde, perteneciente a la Formación Paraná.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (ER252)
Ea. La Reserva San Salvador, Entre Ríos.



Referencias Estratigráficas

- Fm. Hernandarias
- Fm. Salto Chico
- Fm. Paraná

ER015 (-31°53'03.7"S y -58°26'26.0"O, 58 m s.n.m.)

Ubicado en las cercanías de Arroyo Barú (ver mapa geológico del Anexo I) es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base a las descripciones documentales de las muestras extraídas, se describe el siguiente perfil, el cual se adjunta a continuación.

0 – 1 m b.b.p. Cubierta Edáfica

1 – 15 m b.b.p. Arcilla gris claro

15 – 17 m b.b.p. Limos arcillosos color rojizo

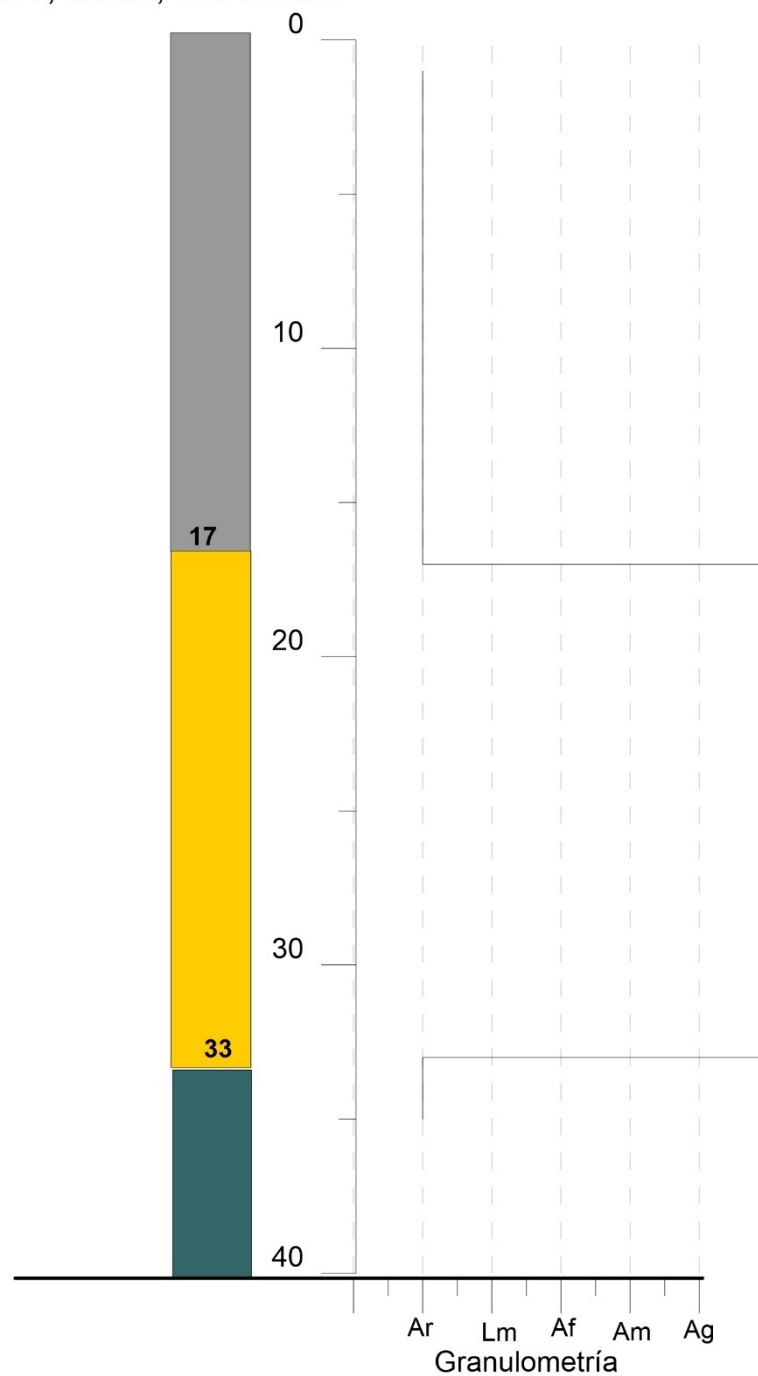
17 – 24 m b.b.p. Arenas fina color castaño

24 – 33 m b.b.p. Arena gruesa a Grava color castaño

33 – 40 m b.b.p. Arcilla verde azulada

El *cutting* del pozo mencionado permite establecer que entre 0 a 17 m b.b.p. se registró la presencia de material de la Formación Hernandarias. Entre los 17 a 33 m b.b.p. se atravesaron sedimentos de la Formación Salto Chico. Por último, desde los 33 m b.b.p. hasta el final de la perforación se atravesaron 7 m de la Formación Paraná.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (ER015)
Arroyo Barú, Colón, Entre Ríos.



Referencias Estratigráficas

- Fm. Hernandarias
- Fm. Salto Chico
- Fm. Paraná

ER046 (-31°55'31.1"S y -58°18'52.30"O, 40 m s.n.m.)

Ubicado en las cercanías de la localidad de Berduc (ver mapa geológico del Anexo I) es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base a las descripciones documentales de las muestras extraídas, se describe el siguiente perfil, el cual se adjunta a continuación.

0 – 0,8 m b.b.p. Cubierta Edáfica

0,8 – 3,8 m b.b.p. Arcilla castaño claro

3,8 – 10 m b.b.p. Arenas finas silicificadas y silcretos

10 – 16 m b.b.p. Arenas medianas color castaño

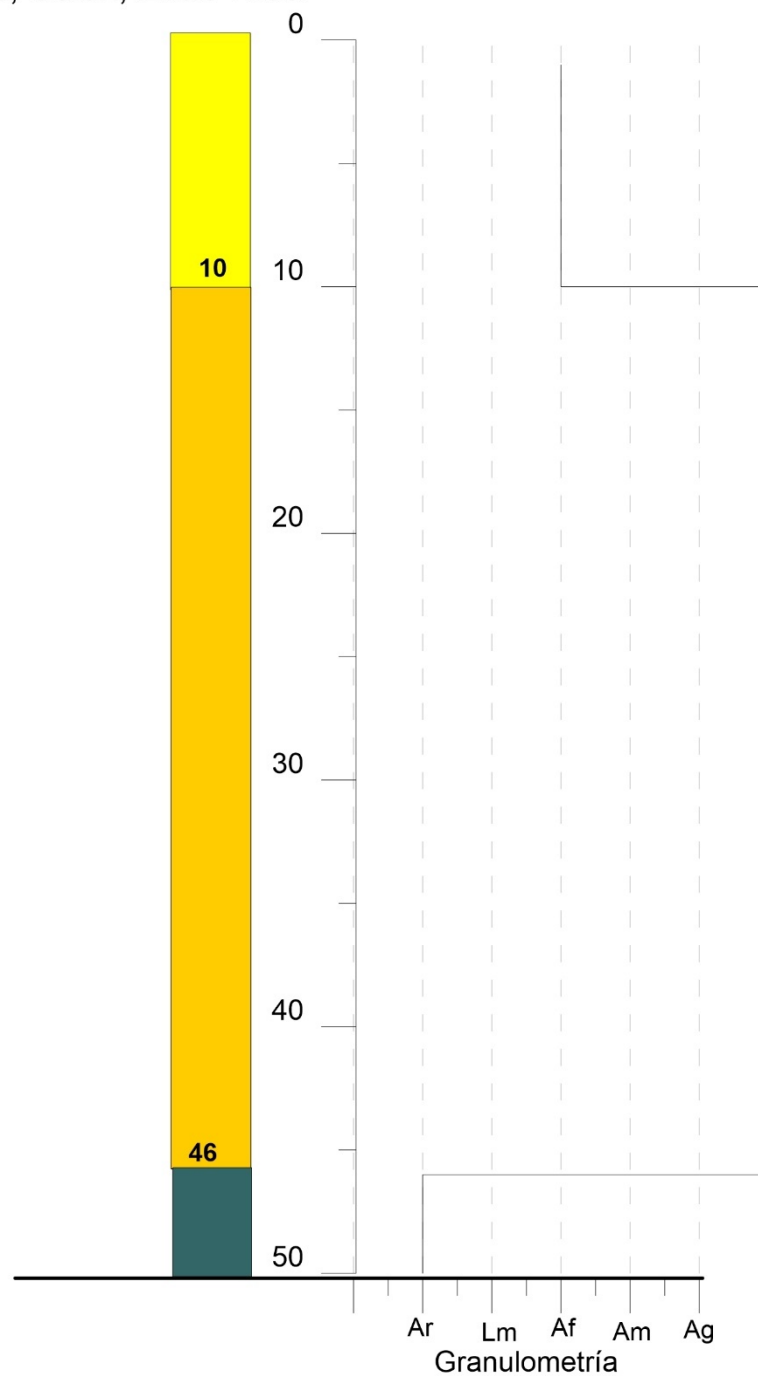
16 – 33 m b.b.p. Limo arcilloso color castaño

33 – 46 m b.b.p. Arena gruesa a Grava color castaño

46 – 50 m b.b.p. Arcilla verde azulada

El *cutting* del pozo realizado permitió establecer que desde los 0 hasta los 10 m b.b.p. se recuperaron sedimentos de la Formación Ubajay. Entre los 10 y 46 m b.b.p. los sedimentos atravesados, de composición fina a más gruesa que los anteriores, corresponden a la Formación Salto Chico. A partir de los 46 m b.b.p., y hasta el final de la perforación (50 m b.b.p.) se recolectaron muestras de material fino verdoso, atribuible a la Formación Paraná.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (ER046)
Berduc, Colón, Entre Ríos.



ER164 (-31°43'50.4"S y -58°38'08.5"O, 65 m s.n.m.)

Ubicado en Aldea Jubileo, departamento de San Salvador (ver mapa geológico del Anexo I), es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base a las descripciones documentales de las muestras extraídas, se describe el siguiente perfil, el cual se adjunta a continuación.

0 – 1 m b.b.p. Cubierta Edáfica

1 – 20 m b.b.p. Arcilla gris claro

20 – 28 m b.b.p. Limo arcilloso color castaño

28 – 36 m b.b.p. Arenas finas y medianas color castaño

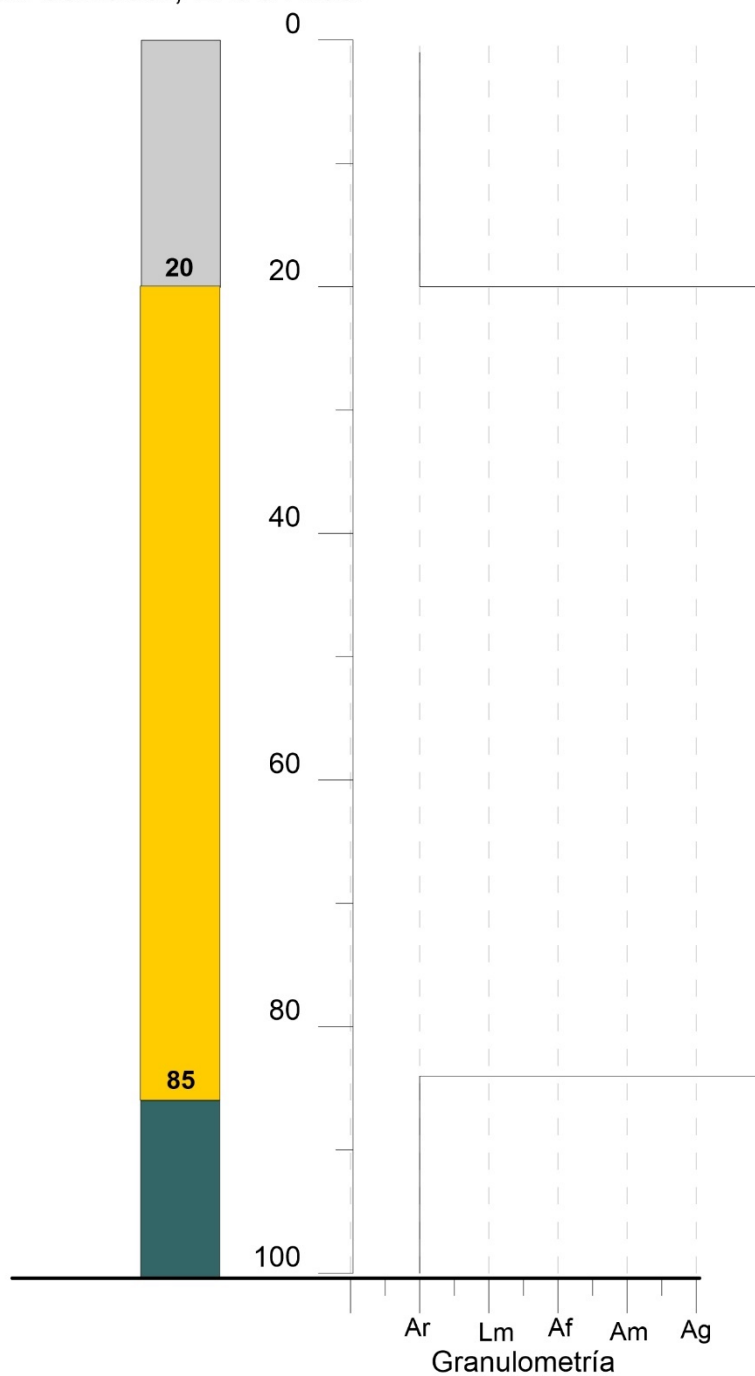
36 – 55 m b.b.p. Arenas gruesas de color castaño

55 – 85 m b.b.p. Gravas de color castaño

85 – 100 m b.b.p. Arcilla verde azulada

El presente pozo se encuentra ubicado fuera de la cuenca del arroyo El Palmar, sin embargo, su cercanía con el límite de la cuenca alta del arroyo lo hace representativo. Del mismo, se puede observar que los primeros 20 m de espesor corresponden a la Formación Hernandarias. Entre los 20 y 85 m b.b.p. se atravesaron sedimentos de la Formación Salto Chico. A partir de los 85 m b.b.p., y hasta el final de la perforación, se registraron arcillas verdes correspondientes a la Formación Paraná.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (ER164)
Jubileo, San Salvador, Entre Ríos.



CHAL (-31°41'16.1"S y -58°27'16.1"O, 64 m s.n.m.)

Ubicado 1.7 km al oeste de la ruta Prov. 38 en el campo propiedad del Sr. Challiol, departamento de San Salvador (ver mapa geológico del Anexo I) no es un pozo validado en la BDP-ER (2024). En base las descripciones del perforista de las muestras extraídas, se propone el siguiente perfil, el cual se adjunta a continuación.

0 – 1 m b.b.p. Cubierta Edáfica

1 – 19 m b.b.p. Arcilla gris claro

19 – 24 m b.b.p. Limo arcilloso color castaño

24 – 40 m b.b.p. Arenas finas y medianas color castaño

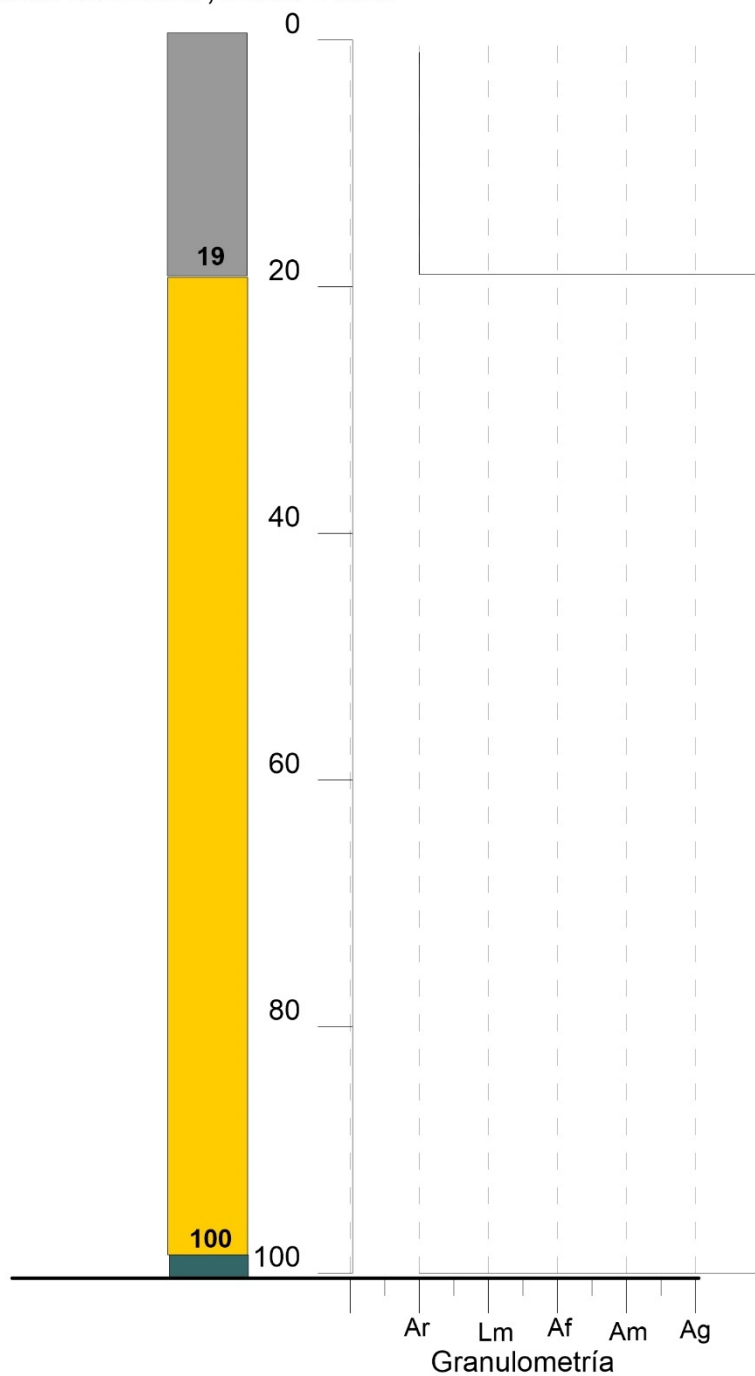
40 – 60 m b.b.p. Arenas gruesas de color castaño

60 – 100 m b.b.p. Gravas de color castaño

100 – 102 m b.b.p. Arcilla verde azulada

Sobre la base del material descripto por el perforista, pudo interpretarse que los primeros 19 m de espesor corresponden a la Formación Hernandarias. A partir de los 19 m b.b.p., se atravesaron sedimentos de la Formación Salto Chico, cuyo pase con la Formación Paraná se registró a los 100 m b.b.p. Estas características informadas, son similares, por su cercanía, con los pozos de la estancia La Reserva.

Gráfico Integrado del Perfil geológico y el
Perfilaje múltiple del pozo de estudio (CHAL)
Ea. Challiol, San Salvador, Entre Ríos.



Referencias Estratigráficas

- Fm. Hernandarias
- Fm. Salto Chico
- Fm. Paraná

3.3 Geología superficial y subsuelo (Plio-pleistoceno/Actual)

Tal como se menciona en capítulos anteriores, la geología superficial de la cuenca está representada por las Formaciones Hernandarias (cuenca alta y media) y Ubajay (cuenca media y baja). En forma subordinada, y aledaño al cauce del río Uruguay, se encuentran afloramientos de la Formación Puerto Yerúa (cuenca baja). Dado los ambientes donde se desarrollaron las formaciones Hernandarias (lacustre/palustre) y Ubajay (fluvial), puede interpretarse que el límite entre estas unidades sería transicional, debiendo realizar un trabajo con mayor grado de detalle para establecer el mismo, dado que en superficie se han utilizado las evaluaciones de los SEVs (Masú *et al.* 2011), usos de suelos, comportamiento del hábito fluvial del cauce del arroyo El Palmar (ver mosaico fotográfico de la Figura 18) y registro de las escasas manifestaciones en superficie. Cabe mencionar la presencia de depósitos fluviales y lacustres actuales, cuyo registro, sobre la base de imágenes satelitales y de campo, se encuentra en la cuenca media del arroyo El Palmar y su comportamiento está directamente relacionado con las condiciones climáticas, tal como puede observarse en la Figura 19. A partir de lo manifestado, se presenta en el Anexo el mapa geológico a escala 1:100000, elaborado en el presente trabajo, como así también se adjunta dicho mapa, con escala gráfica reducida, en la Figura 20 de este capítulo.

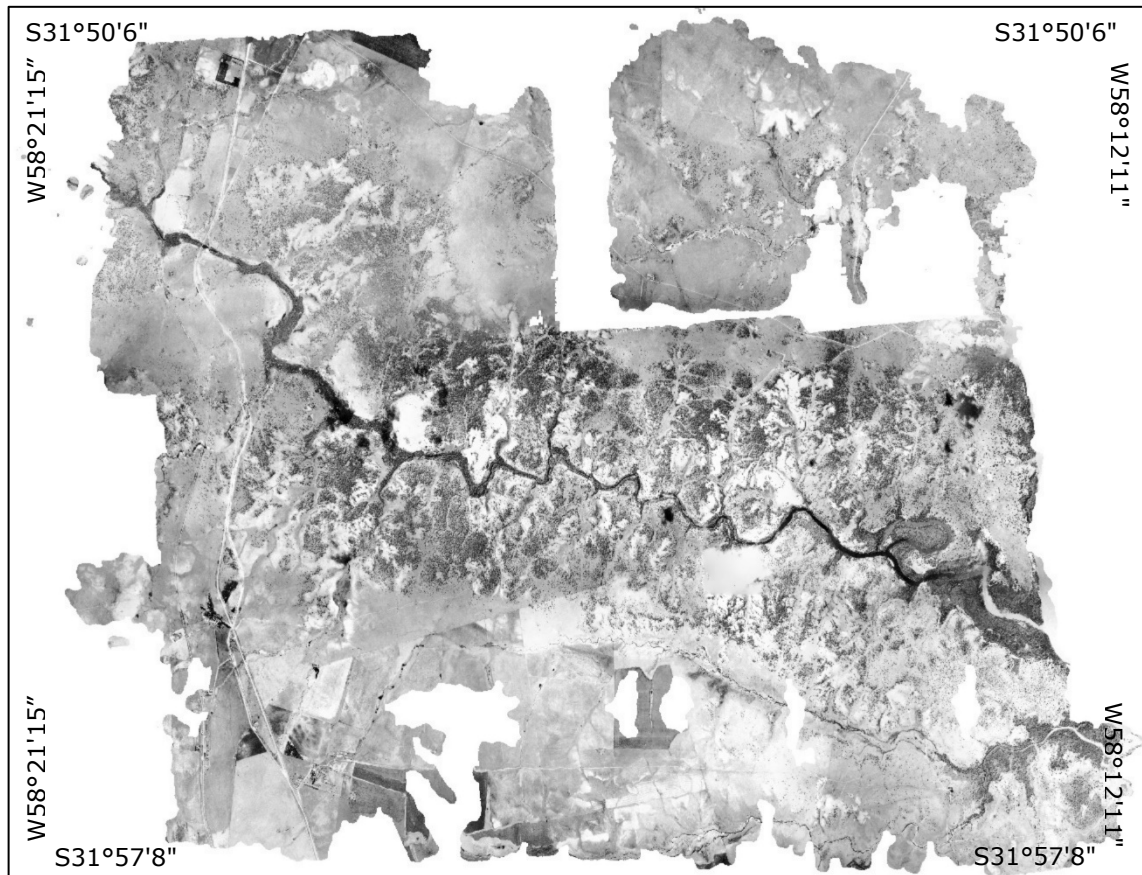


Figura 18. Mosaico fotográfico de la cuenca media y baja del arroyo El Palmar.



Figura 19. Ambiente lacustre en la cuenca media del arroyo El Palmar.

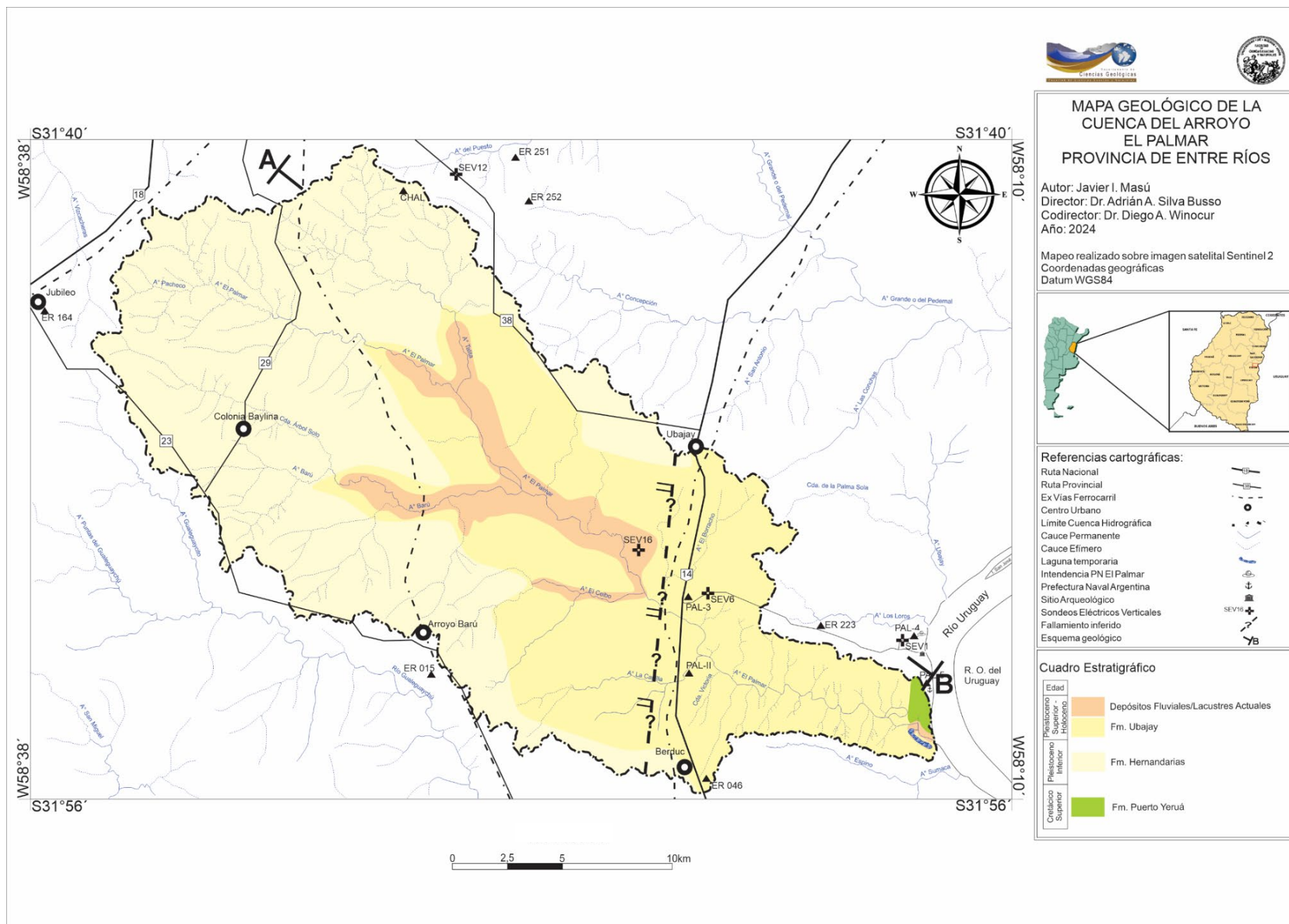


Figura 20. Mapa geológico de la cuenca del arroyo El Palmar, provincia de Entre Ríos.

La Figura 21, la cual fue confeccionada a partir de los registros de pozos, SEVs y evidencias de campo, corresponde a un modelo conceptual realizado cuya transecta es noreste – sudeste y contempla la existencia de un control estructural en profundidad que, en principio, no presenta evidencias de afectación superficial en las unidades más recientes (Masú *et al.* 2011) a partir de los cambios litológicos evidenciados, los cuales pueden resumirse por el registro de la Formación Paraná, en la cuenca alta, en el orden de los 100 m de profundidad, mientras que en la cuenca media y baja se registró entre los 30 y 50 m de profundidad. Así también, es notable la diferencia de espesores de la Formación Salto Chico, migrando del orden de los 70 a 80 m en la cuenca alta, reduciéndose esos valores hacia el sudeste, en dirección a la cuenca baja, con valores de espesores menores a las 10 m, o incluso a no registrarse, producto del acúñamiento que puede inferirse y plasmarse en el modelo conceptual que se presenta en la Figura 21. Es por lo mencionado que este autor, en línea con lo concluido en el trabajo de Masú *et al.* (2011), infieren la presencia de un fallamiento directo con sentido norte – sur, paralelo a la traza de la Ruta Nacional N°14, el cual eleva un bloque de la Formación Puerto Yeruá e interrumpió el desarrollo y continuidad lateral de las formaciones Salto Chico y Paraná.

Finalmente, se interpreta que la actividad de la falla mencionada en el párrafo anterior fue precuaternaria, con la incerteza de poder establecer si pertenece a la extensión cretácica o bien, si se ha generado durante parte de la depositación de la Formación Paraná, debido a que no hay pozos cercanos a la estructura inferida.

ESQUEMA GEOLÓGICO NW-SE CUENCA DEL ARROYO EL PALMAR, ENTRE RIOS

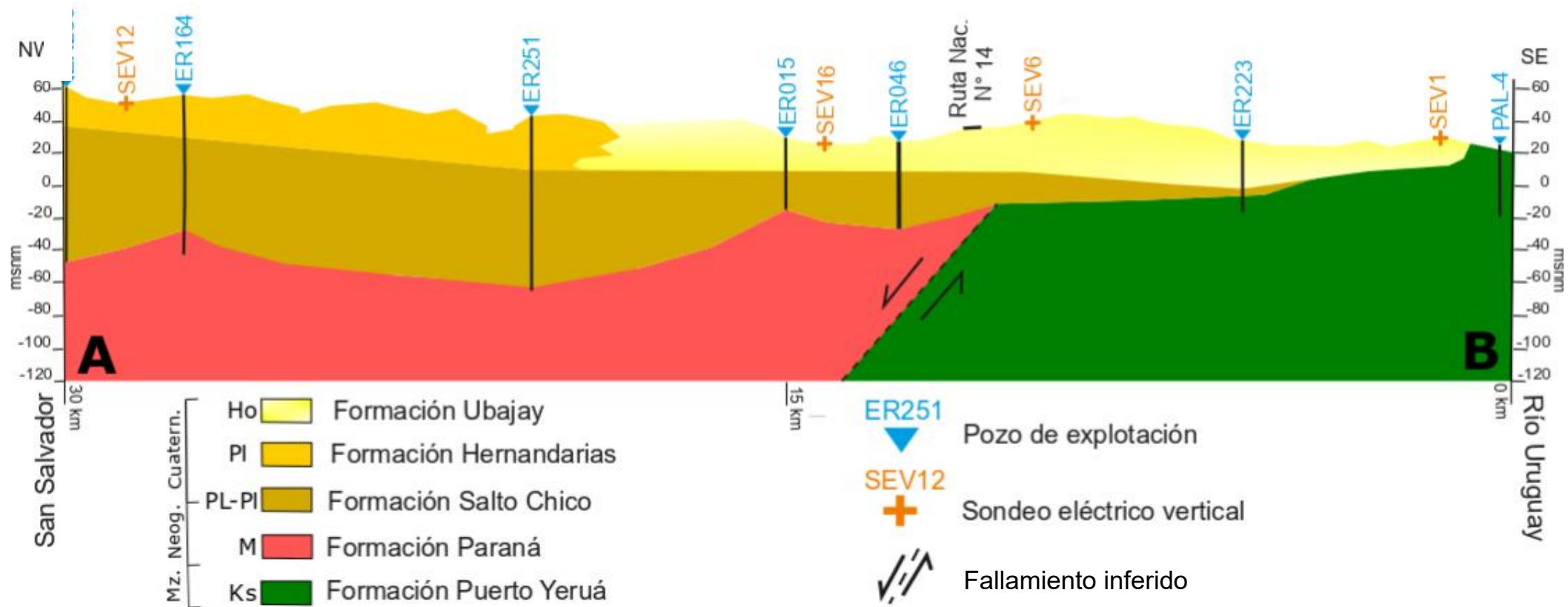


Figura 21. Modelo geológico de la cuenca del arroyo El Palmar en sentido noroeste-sudeste (modificado de Masú *et al.*, 2011)

4. Conclusiones

Luego del desarrollo de los trabajos de campo, interpretaciones de perfiles litológicos de pozos, sumado a las herramientas de perfilajes realizadas, se presentan las conclusiones del presente trabajo:

Se pudo realizar el primer mapa geológico de la cuenca del arroyo El Palmar a escala 1:100000, el cual, a la fecha no había sido realizado.

La geología superficial de la cuenca del arroyo El Palmar está representada mayoritariamente por las Formaciones Hernandarias, en el sector de la cuenca alta y media, y Ubajay, en la cuenca media y baja. Sobre la desembocadura del arroyo El Palmar al río Uruguay, en una zona restringida, existen afloramientos de la Formación Puerto Yerúa.

En el marco del modelo conceptual de las unidades supra basálticas, se propuso la existencia de una falla normal con dirección norte - sur, cercano a la traza de la Ruta Nacional N°14, con bloque bajo W que afectó a la Formación Puerto Yerúa y la Formación Paraná.

Las Formaciones Ubajay y Salto Chico poseen, por su litología, características hidráulicas que les atribuye ser los acuíferos mayormente explotados en la región. Particularmente la Formación Salto Chico, contiene al acuífero homónimo que abastece de agua a las poblaciones ubicadas dentro de la cuenca, como así también a la actividad agrícola, en especial a la arrocería en la zona de la cuenca alta y media del arroyo El Palmar.

Bibliografía

- ACEÑOLAZA, F. G. 2007. Geología y Recursos Geológicos de la Mesopotamia Argentina, INSUGEO Serie de Correlación Geológica 22 ISSN 1514-4186. pag:150., Tucumán, Argentina.
- ACEÑOLAZA, F. G. 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. Asociación Geológica Argentina Revista 31: 61-62, Buenos Aires.
- AGUIRRE, M. y FUCKS, E. 2004. Moluscos y paleoambientes del Cuaternario marino en el sur de Entre Ríos. En Aceñolaza, F. G. (Editor) Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial argentino. Miscelánea INSUGEO 12: 55-70.
- AMATO, S. D. y SILVA BUSSO, A. 2009. Estratigrafía Cuaternaria del Subsuelo de la Cuenca Inferior del Río Paraná. Revista de la Asociación Geológica Argentina (RAGA), Buenos Aires, Argentina, N°64 (4): 594-602.
- AUGE, M. y SANTI, A. 2002. Disponibilidad de Agua Subterránea para Producción Arroceras de la Provincia de Entre Ríos, CFI (Consejo Federal de Inversiones) y Dirección Provincial de Hidráulica de Entre Ríos, Buenos Aires, Argentina (Inédito).
- BDP-ER (2024). Base de Datos de Perforaciones de Entre Ríos. Grupo de Ingeniería Ambiental (GIGAM), Universidad Tecnológica Regional Concordia (UTN-FRCON). Versión digital. 314 registros. (Inédita).
- BARREDO, S. y STINCO, L. 2010. Geodinámica de las cuencas sedimentarias: su importancia en la localización de sistemas petroleros en la Argentina. Revista Petrotecnia (abril, 2010). Pág. 48 – 68.
- BDP-ER (2024). Base de Datos de Perforaciones de Entre Ríos. Grupo de Ingeniería Ambiental (GIGAM), Universidad Tecnológica Regional Concordia (UTN-FRCON). Versión digital. 314 registros. (Inédita).
- BERTOLINI, J. C. 1995. Mapa Geológico de la Provincia de Entre Ríos, República Argentina, 1:500.000. Secretaría de Minería, SEGEMAR, Buenos Aires, Argentina.
- BERTOLINI, J. C. (2001). Materiales pelíticos aptos para ser utilizados como base en sistemas de deposición de residuos en zonas urbanas. Entre Ríos. VII Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente y Cuarta Reunión sobre preparación y uso de Mapas Temáticos. Bahía Blanca. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente, N.º 16: 18-27. Buenos Aires.
- BOSSI, G. 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del Valle de Choromoro. Acta Geológica Lilloana 10(2): 17-64, Tucumán.
- BOSSI, G., FERRANDO L., FERNANDEZ A., ELLIZALDE G., MORALES H., LEDESMA J., CARBALLO, E., MEDINA E., FORD, I. y MONTANA, J. 1975. Carta Geológica del Uruguay, Dirección de Suelos y Fertilizantes MAP, Montevideo Uruguay.
- BOSSI, J. 1966. Geología del Uruguay. Universidad de la República, Departamento de Publicaciones, Colección Ciencias 2: 1-470, Montevideo
- CAMACHO, H., 1967. Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. Asociación Geológica Argentina Revista 22(4): 253-280, Buenos Aires.
- CANDELA, A., NORIEGA, J. y REGUERO, M. 2007. The First Pliocene Mammals from the Northeast (Mesopotamia) of Argentina: Biostratigraphic and Paleoenvironmental significance. Journal of vertebrate Paleontology. 27 (2), 476-483.

- CAVALLOTTO, J. L., VIOLANTE, R. A. y PARKER, G., 2004. Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata River (Argentina). Vol 114, Pergamon. Quaternary International, The Journal of the International Union for Quaternary Research, 155-165 pp.
- CHEBLI, G., TOFALO O. y TURAZZINI, G. 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.º 6: 79-100, Tucumán.
- CHURY, M. 2023. Modelo de Distribución Resistiva del Subsuelo y sus Aplicaciones en Ingeniería Geológica, Cuenca del Arroyo Palmar, Entre Ríos. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe. Tesis doctoral.
- CORREA LUNA, H. 1974. "Parque Nacional El Palmar" en La conservación de la naturaleza, Parques Nacionales Argentinos. Servicio de Parques Nacionales. Páginas 1 – 170.
- CORTELEZZI, C. R. y LERMAN, J. C. 1969. Estudio de las Formaciones Marinas de la Costa Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Revista del Leimit. Serie 2, N° 178. 134-164.
- DE ALBA, E. 1953. Geología del Alto Paraná, en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. Asociación Geológica Argentina Revista 8(3): 129-161, Buenos Aires.
- DE ALBA, E. y SERRA, N. 1959. Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Informe sobre las condiciones y características geológicas. Dirección Nacional de Geología y Minería Anales 11, Buenos Aires, Argentina. 45p.
- FERNANDEZ GARRASINO, C. 2008. Geología, Provincia de Entre Ríos (Informe Final). Geodatos SRL, Informe Inédito., Buenos Aires, Argentina.
- FERNANDEZ GARRASINO, C. 2008. SAG. Aspectos estratigráficos y tectónicos (II). Organización de los Estados Americanos (OEA), Secretaría General Proyecto Sistema Acuífero Guaraní (SGSAG), Montevideo.
- FIDALGO, F. U., COLADO, M. y DE FRANCESCO, F. 1973. Geología Superficial de las Hojas Castelli, J.M. Cobo y Monasterio. Provincia de Buenos Aires. V Congreso Geológico Argentino. Actas 4: 27-39. Carlos Paz, Córdoba.
- FLORENCE, G. y PACHECO, J. 1929. Carta geológica do Estado de Sao Paulo. Comissao Geográfica e Geológica do Estado de Sao Paulo, Sao Paulo.
- FRENGUELLI, J. 1920. Geología de Entre Ríos. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 24: 55-256.
- GENTILI, C. y RIMOLDI, H. 1979. Mesopotamia. Academia Nacional de Ciencias, Segundo Simposio Geología Regional Argentina, 1: 185-223, Córdoba
- GONZAGA DE CAMPOS, L. 1889. Seção Geológica. Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo Anexo Relatório 1889: 21-34, São Paulo
- GOSO, H. y BOSSI, J. 1966. Cenozoico. En: BOSSI, J. 1966, Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, pp. 259 – 301.
- GUIDA, G. y GONZÁLEZ, M. A. 1984. Evidencias paleoestuáricas en el sudeste de Entre Ríos. Su evolución con niveles marinos relativamente elevados del Pleistoceno superior y Holoceno. Actas 9º Congreso Geológico Argentino 3, 577-594.

- HAUSEN, J. 1919. Contribución al estudio de la petrografía del Territorio Nacional de Misiones. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología Boletín N° 21 Serie B (Geologa): 1-39, Buenos Aires
- HERBST, R. 1971. Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. Asociación Geológica Argentina Revista 26(2): 221-243, Buenos Aires
- HERBST, R. y ZABERT, L. L. 1987. Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno Superior) de la Cuenca Chaco-Paranaense (Argentina). Facena 7: 165-206.
- HERBST, R., SANTA CRUZ, J. N., POPOLIZIO, E., CAPURRO, R. y ESCOBAR, E. 1985. Mapa Litoestratigráfico de la Provincia de Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste, d'Orbignyana 2: 1-50, Corrientes.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA) 2002. Carta de Suelos de la República Argentina – Departamento de Colón, Provincia de Entre Ríos.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INDEC) 2010. Datos y Estadísticas del Censo Nacional Argentino 2010.
- IRIONDO, M. y KRÖHLING, D. 2008. Cambios ambientales en la cuenca del Uruguay (desde dos millones de años hasta el Presente). Colección Ciencia y Técnica, Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. 360 pp.
- IRIONDO, M. H. 1996. Estratigrafía del Cuaternario de la Cuenca del Río Uruguay. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas IV: 15-25.
- IRIONDO, M. H. y KRÖHLING, D. 1995. El Sistema Eólico Pampeano. Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino", 5 (1), 1-68.
- IRIONDO, M. 1980. El cuaternario de Entre Ríos, Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, n°11, p.:125-141, Santa Fe, Argentina.
- JALFIN, G. 1988. Formación Ituzaingó (Plio – Pleistoceno) en Empedrado, provincia de Corrientes: un paleorío arenoso entrelazado tipo Platte. 2a. Reunión Argentina de Sedimentología Actas: 130-134, Buenos Aires
- KRÖHLING, D. 2009. La Formación El Palmar, una unidad fluvial asignable al subestadio cálido EIO 5A (pleistoceno tardío) de la cuenca del Río Uruguay. Natura Neotropicalis ISSN 0329-2177 Asociación de Ciencias Naturales del Litoral (ACNL). Santa Fe. Argentina 40 (1 y 2). pag 61-84.
- KRÖHLING, D. 1999. Upper Quaternary geology of the lower Carcarana Basin, North Pampa, Argentina. Quaternary International 57/58: 135-148.
- LAMBERT, R. 1940. Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Departamento de Paysandú y de los alrededores de Salto. Instituto Geológico del Uruguay Boletín 27b: 1-41, Montevideo.
- LAMBERT, R., 1940b. Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Departamento de Río Negro. Instituto Geológico del Uruguay Boletín 28: 1-33, Montevideo.
- MÁRSICO, D. 2012. Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro este de la Cuenca Chacoparanaeana. Universidad de La Coruña, Tesis de doctorado, (Inédita) pp 245, La Coruña, Galicia, España.
- MARTINELLI, J. 1947. Contribución al conocimiento de las barrancas del Paraná entre Brugo y Bajada Grande. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad.

MASRAMÓN, E. 1947. Estudio geológico de las barrancas de la margen entrerriana del Río Paraná entre Pueblo Brugo y Villa Urquiza. Tesis doctoral Instituto-Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata. Inédita.

MASÚ, J., SILVA BUSSO, A. y AMATO, S. 2011. Aspectos Geológicos del Acuífero Salto Chico en la Cuenca del Arroyo El Palmar, Provincia de Entre Ríos, República Argentina. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Entre el 18 al 21 de octubre del 2011., Salta, Argentina.

MICOU, A. P. 2003. "Riesgo Ambiental por Invasiones Biológicas en una Zona con Alto Valor de Conservación". Trabajo Final de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UBA. Inédito. Páginas 1 – 157. Argentina.

NORIEGA, J., CANDELA, A. y VUCETICH, M. 2006. Nuevos registros de roedores caviomorpha en la Formación Alvear (Plioceno, Entre Ríos). Resúmenes Reunión Asociación Paleontológica Argentina.

PARKER, G. 1985. Informe El Subsuelo del Río de la Plata. Recopilación de Perforaciones del Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires. Argentina.

PARKER, G. 1990. Estratigrafía del Río de la Plata. Revista Asociación Geológica Argentina. 40 (3-4), 193-204. Buenos Aires, Argentina.

PATTERER, N. I., ZUCOL, A. F. y BREA, M. 2014. Análisis fitolíticos del perfil sedimentario Los Loros, de la Formación El Palmar (Pleistoceno superior), en el Parque Nacional El Palmar, Entre Ríos, Argentina. Acta geológica lilloana 26 (1): 53–62.

PEZZI, E. y MOZETIC, M. 1989. Cuencas sedimentarias de la región chacoparanense. En: Chebli, G. y L. Spalletti (Ed.) Cuencas Sedimentarias Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica N° 6: 65-77, Tucumán

RAMOS, R. S., BREA, M. y KRÖHLING, D. M. 2012. Leños Fósiles de la Formación El Palmar (Pleistoceno Tardío) en el Parque Nacional El Palmar, Entre Ríos, Argentina. Revista Ameghiniana - 2012 - Tomo 49 (4) 606 – 622.

RAMOS, V. 1999. Rasgos estructurales del territorio argentino. Evolución tectónica de la argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales Geología Argentina, capítulo 24, anales 29 (24): 715-784, Buenos Aires.

REIG, O. 1956. Sobre la posición sistemática de "Zygolestes paranensis" Amegh. y de "Zygolestes entrerrianus" Amegh. Centro de Estudiantes del Doctorado en Ciencias Naturales de Buenos Aires Revista Holmbergia 5 (12-13): 209-226, Buenos Aires

RIMOLDI, H. 1963. Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Estudio geológico-geotécnico para la presa de compensación proyectada en el Paso Hervidero (provincia Entre Ríos). 1as. Jornadas Geológicas Argentina Anales 2: 287-310, Buenos Aires.

SALAMUNI, R. y BIGARELLA, J. 1967. The Botucatú Formation. Centro Nacional de Pesquisas. En: Bigarella, J., R. Becker e I. Pinto (Ed.) Problems in Brazilian Gondwana Geology: 197-206, Curitiba.

SANFORD, R. y LANGE, F. 1960. Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, South Brazil. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 44(8): 1316-1370, Tulsa.

- SANTA CRUZ, J. N. 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina Revista* 27(1): 5-62, Buenos Aires.
- SANTI, M., CASA, H., LELL, L. y MARTINEZ, J. 1995. Estudio de Aguas Subterráneas. CFI (Consejo Federal de Inversiones) y Dirección Provincial de Hidráulica de Entre Ríos, Buenos Aires, Argentina (Inédito).
- SANTI, M. y BIANCHI, G. 2004. Estudio de Aguas Subterráneas en la Región Sudeste de la Provincia de Entre Ríos. CFI (Consejo Federal de Inversiones) y Dirección Provincial de Hidráulica de Entre Ríos, Buenos Aires, Argentina (Inédito).
- SANTI, M. 2002. Estudio de Aguas Subterráneas en el Sudoeste de la Provincia de Entre Ríos. CFI (Consejo Federal de Inversiones), Buenos Aires, Argentina (Inédito).
- SILVA BUSSO, A. y AMATO, S. D. 2009. Variaciones Paleoambientales e Hidroquímica del Acuífero Puelches en Área del “Delta del Río Paraná” VI Congreso Hidrogeológico y V Simposio Iberoamericano sobre temas actuales en Hidrogeología, Santa Rosa 24-28 de Agosto del 2009, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- SILVA BUSSO, A. y ROUILLER, G. 2022. Hidrodinámica, Hidroquímica y Ocurrencia del uranio en los Acuíferos Ituzaingó y Salto Chico, Provincia de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* Vol. 79 (4): 601 – 624.
- SILVA BUSSO, A., MACHADO, P., COSENTINO, J. 2011. Propuesta de Control de las Estructuras del Subsuelo sobre la Geología Terciario-Cuaternaria y su Relación con la Geomorfología Fluvial en la Provincia de Entre Ríos. Convenio YPF-UTN, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina (Inédito). p:235.
- SILVA BUSSO, A. 1999. Contribución al conocimiento geológico e hidrogeológico del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanense oriental argentina. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Tesis de doctorado, Buenos Aires.
- SILVA BUSSO, A. y AMATO, S. 2017. Depósitos fluviales del Plio-pleistoceno-holoceno de la Provincia de Entre Ríos y sus Implicancias Hidrogeológicas, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol. 74 (3), 338 – 356.
- SILVA BUSSO, A. y FERNANDEZ GARRASINO, C. 2004. Presencia de las Formaciones Piramboia y Botucatú (Triásico – Jurásico) en el subsuelo oriental de la Provincia de Entre Ríos. *Asociación Geológica Argentina Revista* 59 (1): 141-151, Buenos Aires.
- SILVA BUSSO, A., FERNANDEZ GARRASINO, C. y SANTA CRUZ, J. N. 2002. Aspectos estructurales e implicancias hidrogeológicas sobre el Sistema Acuífero Termal “Guaraní” en la Mesopotamia Argentina. 15º Congreso Geológico Argentino Actas 2: 481-487 (CD – ROM N° 044), Buenos Aires.
- TÓFALO, O. R. 1986a. Caracterización sedimentológica y estratigrafía de las Formaciones Puerto Yeruá y Arroyo Avalos, provincias de Entre Ríos y Corrientes. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Tesis de doctorado, Buenos Aires.
- TÓFALO, O. R. y PAZOS P. J. 2002. Caracterización de calcretes de la Formación Puerto Yeruá (Cretácico), en base a su micromorfología (Entre Ríos, Argentina). *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología. AAS Revista* (2002), volumen 9 N°2: 127 – 134.
- TOLEDO, M. J. 2005. Secuencias pleistocenas «lujanenses» en su sección tipo: Primeras dataciones C14 e implicancias estratigráficas, arqueológicas e históricas, Luján – Jáuregui, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60 (2): 417-424.

- TRICART, J. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Colección Científica 12. INTA. Buenos Aires, pp.171-197.
- VITULICH, E. B. 1982. "Descripción geológica de los depósitos yesíferos de la Provincia de Entre Ríos, región Paraná - La Paz". Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, tesis inédita. Buenos Aires.
- VON HUENE, E. 1929. Los saurisquios y ornitisquios del Cretáceo argentino. Anales Museo de La Plata III. 194 pp.
- WALTHER, K. 1911. Über Permtriassische Sandsteine und Eruptivdecken aus dem Norden der Republik Uruguay. Neues Jahrbuch Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage Band 31: 575-609, Stuttgart.
- WASHBURNE, C. 1930. Petroleum Geology of the State of Sao Paulo. Comissão Geográfica e Geológica do Estado de Sao Paulo Boletim 22, Sao Paulo.
- WHITE, I. C. 1908. Relatório sobre as "Coal measures" e rochas asociadas do sul do Brasil. Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Imprensa Nacional, 1: 2-300, Río de Janeiro.
- YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES (YPF) 1962. Perforación ERN 1 (Nogoyá, provincia de Entre Ríos), Descripción de cuttings. YPF S. A., Buenos Aires.
- YRIGOYEN, M.R. 1969. Problemas estratigráficos del Terciario de Argentina. Ameghiniana 6: 315-329. Argentina.

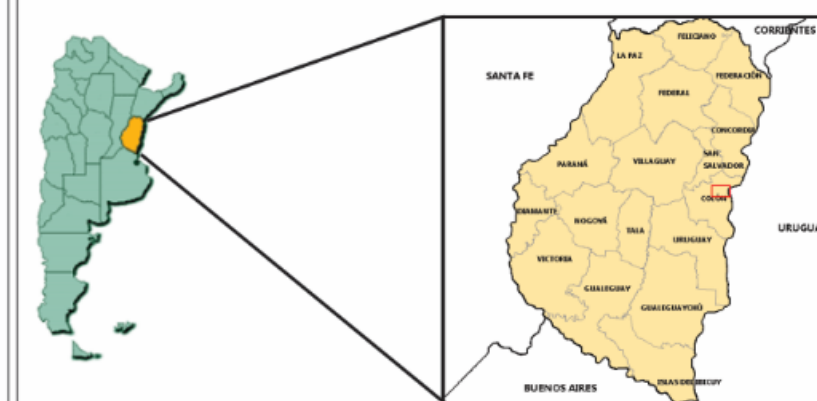
ANEXO

MAPA GEOLÓGICO

MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL ARROYO EL PALMAR PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Autor: Javier I. Masú
 Director: Dr. Adrián A. Silva Busso
 Codirector: Dr. Diego A. Winocur
 Año: 2024

Mapeo realizado sobre imagen satelital Sentinel 2
 Coordenadas geográficas
 Datum WGS84



Referencias cartográficas:

Ruta Nacional
 Ruta Provincial
 Ex Vías Ferrocarril
 Centro Urbano
 Límite Cuenca Hidrográfica
 Cauce Permanente
 Cauce Efímero
 Laguna temporaria
 Intendencia PNEI Palmar
 Prefectura Naval Argentina
 Sitio Arqueológico
 Sondeos Eléctricos Verticales
 Fallamiento inferido
 Esquema geológico



Cuadro Estratigráfico

Edad	
Pleistoceno Superior - Holoceno	Depósitos Fluviales/Lacustres Actuales
	Fm. Ubajay
Pleistoceno Inferior	Fm. Hernandarias
Cretácico Superior	Fm. Puerto Yerúa

