

# APTITUD DEL AGUA SUBTERRANEA CON DESTINO A RIEGO EN SECTORES DE LOS DEPARTAMENTOS PARANA, DIAMANTE Y NOGOYA DE LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS. ARGENTINA.

Jorge Tomás\*, Ricardo Valenti\*\*, Oscar Duarte\*\*, Silvia Graizaro\*\*\* y Hugo Sione\*\*\*

(\*) Cátedra de Geología Aplicada  
Facultad Regional Paraná  
Universidad Tecnológica Nacional  
Avda. Almafuerde 1033  
(3100) Paraná - Entre Ríos

(\*\*) Departamento Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Nacional de Entre Ríos  
C.C. 24 (3100) Paraná - Entre Ríos  
Email: oduarte@fca.uner.edu.ar

(\*\*\*) Becario de Iniciación a la Investigación  
Dirección Prov. de Ciencia Tec. y Minería  
Gobierno de Entre Ríos  
Salta 444  
(3100) Paraná - Entre Ríos

## RESUMEN

Se presenta los resultados de las investigaciones relacionados con el agua subterránea del primer año del Proyecto de Investigación "Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en sectores de los Departamentos Paraná, Diamante, Nogoyá y Victoria, con destino a riego". La superficie relevada es de 4000 km<sup>2</sup>, comprendiendo las zonas con mayor desarrollo agrícola de cultivos en secano de la Provincia de Entre Ríos. Se presenta el esquema hidrogeológico y los resultados del procesamiento de los datos hidroquímicos desde el punto de vista de su aptitud para riego.

La información recopilada y generada, ha sido referenciada geográficamente y está asociada al nivel de explotación. Constituyéndose en la primera base de datos sistematizada para poder determinar áreas de aptitudes homogéneas. Del análisis de la información, surge que las aguas subterráneas no presentan limitaciones severas en cuanto a la salinidad y sodio intercambiable para el riego complementario. El 50% de las aguas corresponden a la clase C3-S2 del diagrama de Riverside.

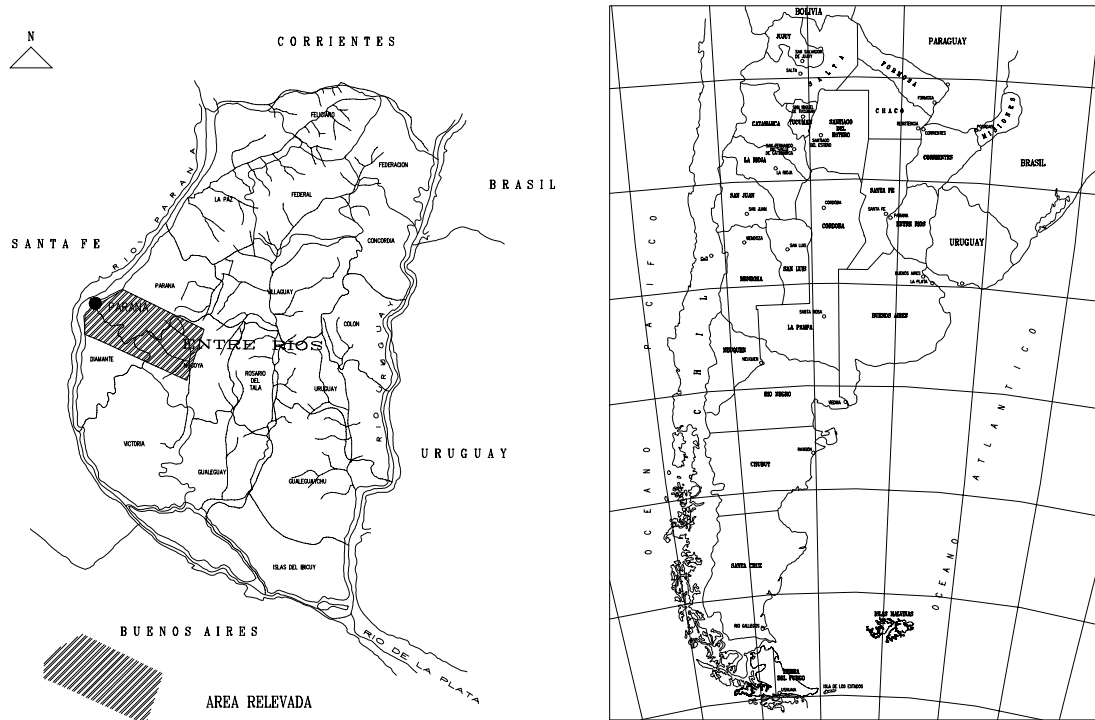
## ABSTRACT

The results of the groundwater evaluation during the first year of the Research Project "Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en sectores de los Departamentos Paraná, Diamante, Nogoyá y Victoria, con destino a riego" are presented. The prospect area, near 4000 km<sup>2</sup>, include the more developed agricultural zones in the Entre Rios Province. The hydrogeological model and the hydrochemical data were treated under an irrigation point of view.

The obtained information was geographical referred and was related to the exploitation level. So, its constitute the first data base to determinate homogeneous areas. The groundwater does no present high limitations under salinity and sodicity aspects, related to complementary irrigation. More than 50% of the sample are C3-S2 type of the Riverside Graph.

## INTRODUCCION

Se presentan los trabajos desarrollados en el marco de Proyecto de Investigación “Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos en sectores de los departamentos Paraná, Diamante, Nogoyá y Victoria con destino a riego”. El área investigada a la fecha de la presente comunicación abarca una superficie de 4000 km<sup>2</sup>, Figura N° 1. La zona en estudio se caracteriza por un elevado desarrollo de la actividad agrícola en secano basado en los suelos de mayor aptitud, y presenta un crecimiento explosivo, en los últimos años, del riego complementario a partir de perforaciones y utilizando tecnologías modernas basadas en equipos de aspersión del tipo pivot central y cañones viajeros.



**Figura N° 1. Plano de Ubicación del área en estudio**

Entes nacionales, provinciales, municipales y empresas privadas aportaron datos de perforaciones, ensayos y análisis químicos de agua. Se procesaron perfiles de perforaciones de estaciones del ex FFCC Gral Urquiza y de la Dirección Nacional de Geología y Minería, completándose con un censo de pozos y análisis de las muestras de agua en laboratorio.

## OBJETIVOS

Contribuir a la sistematización de la información existente y un mayor conocimiento de los recursos hídricos subterráneos con destino a riego complementario en sectores de los Departamentos Paraná, Diamante y Nogoyá, de la Provincia de Entre Ríos, República Argentina.

Conocer la calidad del agua subterránea en el área de estudio y su aptitud para ser utilizada en riego.

Identificación en las perforaciones relevadas, de los niveles acuíferos explotados, caudales de extracción, calidad química del agua y usos, para realizar correlaciones y proveer de una base de datos para la futura identificación de áreas homogéneas.

## **METODOLOGIA**

La metodología se basa en el procesamiento de datos obtenidos a través de un importante trabajo de recopilación de antecedentes geológicos, hidrogeológicos, edafológicos y químicos, existentes en diversas instituciones tanto de carácter privado como gubernamental, proveniente de distintas localidades y parajes de los citados departamentos.

Se realizó una recopilación de información antecedente en los siguientes organismos públicos: Dirección General de Ciencia, Tecnología y Minería de Entre Ríos, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos (Vivot et al, 1994), Obras Sanitarias de Entre Ríos, Obras Sanitarias de la Municipalidad de Paraná, Dirección Gral. de Desarrollo Agrícola y Recursos Naturales de la Prov. de Entre Ríos, Municipalidades de Viale, María Grande, Seguí, Oro Verde y Diamante. Además, se recurrió a empresas privadas de perforación que realizan trabajos a particulares y a reparticiones públicas.

Se reunió bibliografía en las bibliotecas de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná y Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, publicaciones proporcionadas por la Dirección General de Ciencia, Tecnología y Minería sobre Geología e Hidrogeología de la provincia; revistas especializadas en temas agrícolas de las cuales se obtuvieron artículos sobre calidad y características de las aguas para riego, aplicaciones de riego complementario a diversos cultivos, publicaciones técnicas de la Estación Experimental Regional Agropecuaria Paraná del I.N.T.A., de la ex Dirección Nacional de Geología y Minería, del ex FFCC Gral. Urquiza, etc.

Para complementar los datos antecedentes, ya mencionados, se realizaron salidas a campo con el objeto de obtener muestras para análisis químicos, de manera de cubrir áreas con escasa información y/o completar los análisis químicos de aniones y cationes principales.

Se tomaron muestras representativas, para lo cual se emplearon recipientes de plástico con cierre a rosca; se dejó correr el agua en el punto de toma (en todos los casos canillas ubicadas en la boca de pozo y durante el bombeo), se enjuagó el recipiente y se procedió al llenado del mismo. Luego se precintó cada uno con cinta para asegurar la hermeticidad y así no alterar las características físico-químicas de la fuente original.

Se determinaron los siguientes aniones: carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, y los siguientes cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio, asimismo se midió conductividad eléctrica, residuo seco y pH.

Para volcar la información se utilizaron las cartas del Instituto Geográfico Militar a escala 1:100.000: 3160-32 "Paraná"; 3160-33 "Gral. Racedo"; 3360-2 "Diamante"; 3360-3 "Crespo" y 3360-4 "Don Cristóbal" y a escala 1: 250.000 3160-III "Santa Fe" y 3360-I "Rosario". Los mapas temáticos han sido elaborados a escala original 1:250.000.

## **ANTECEDENTES GEOLOGICOS**

Los antecedentes geológicos más importantes corresponden a los trabajos de Iriondo, 1980, Bertolini et al 1989, Fili et al 1994 y Fili et al 1998. A partir de ello se presenta el Cuadro N°1 que resume la estratigrafía, en lo que respecta a sus formaciones más modernas y de interés para la zona estudiada, Figura N° 2, tomado de Bertolini, 1995.

**Cuadro N° 1. Cuadro Estratigráfico**

<b>PERIODO</b>	<b>EPOCA</b>	<b>SUBEPOCA</b>	<b>FORMACIÓN</b>
<b>CUATERNARIO</b>	ACTUAL		
	HOLOCENO		ÑANCAY
	PLEISTOCENO	SUPERIOR	TEZANOS PINTO
		MEDIO	HERNANDARIAS
		INFERIOR	VILLA URQUIZA
<b>TERCIARIO</b>	PLIOCENO	SUPERIOR	ITUZAINGO
	MIOCENO	SUPERIOR	PARANA

De los trabajos de Fili et al, op cit y de Iriondo, op cit. se toman los conceptos que resumen las características de las unidades aflorantes y de relevancia hidrogeológica en el área.

**Formación Paraná:**

Ocupa un amplio sector de la zona Sur y Sudoeste de la Provincia. Son terrenos ocupados por una ingresión marina y presenta una potente secuencia alternante de arcillas y arenas. Las arcillas basales son muy plásticas (montmorrillonitas) de colores verdosos, gris azulado con estratificación laminar. Su origen se remonta al Mioceno Superior.

**Formación Ituzaingó:**

Aflora en la barranca izquierda del Río Paraná desde Corrientes hasta la ciudad de Paraná. Esta formada por arenas ocraceas, blancas y rojizas muy maduras, con intercalaciones de limos. Una característica importante es el pigmento férrico que tiñe de ocre y rojo a esta formación. Su origen es fluvial, depositada en condiciones similares a las actuales (estratificación planar). Se considera su edad entre el Plioceno y el Pleistoceno Inferior. En las cercanías de Paraná se apoya en discordancia erosiva sobre la formación Paraná.

**Formación Hernandarias:**

Compuesta por arcillas y limos arcillosos rojizos, verdes grisáceos y castaños en estratos gruesos y muy gruesos. Las arcillas son muy plásticas del tipo montmorrillonítico. Por sus características y posición en el perfil reviste singular importancia pues regula las relaciones con el ciclo exógeno y es portador de un acuífero multicapa de baja productividad, y que es utilizado con destino a abrevadero de ganado y consumo humano en áreas rurales. Presenta cristales de yeso en el perfil y nódulos de carbonatos. Su espesor es variable (aproximadamente 10 metros) y aflora en las barrancas del Río Paraná.

La litología indica un ambiente lacustre y palustre en clima seco, con depresiones menores donde se producía la precipitación de sulfatos (formación de yeso). Su edad se remonta al Pleistoceno Medio.

**Formación Tezanos Pinto:**

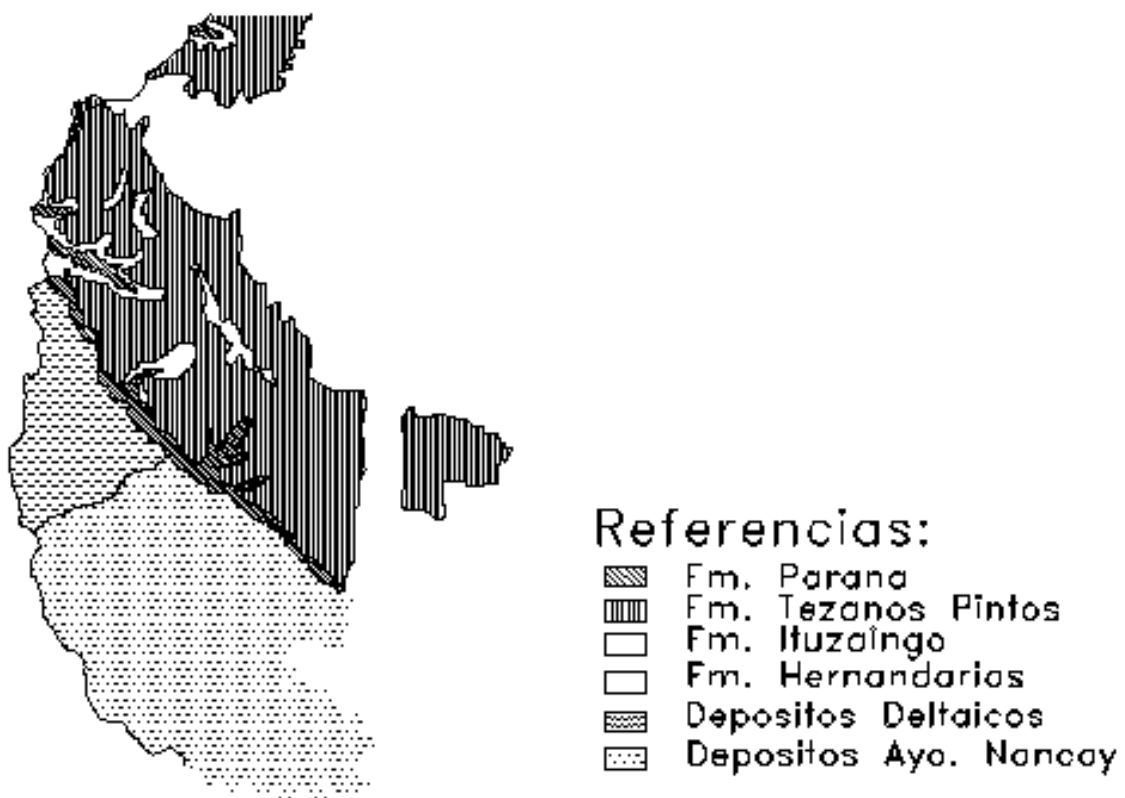
Es una unidad loéssica compuesta por limos arcillosos y escasas arenas finas. Es friable, contiene abundantes concreciones de carbonatos. Hay una elevada proporción de arcillas. Su edad es Pleistoceno Superior-Holoceno, y ha sido erodada por ríos y arroyos. La misma ha dado

origen a los suelos más fértiles y aptos para la agricultura en el oeste de la Provincia de Entre Ríos, suelos del tipo argiudoles ácuicos, casi en su totalidad (Plan Mapa de suelos, 1991).

Los niveles acuíferos identificados en la región estudiada se alojan en distintas formaciones. Los más superficiales lo hacen en las formaciones Tezanos Pintos o Hernandarias, mientras que los más profundos y de mayor importancia en las formaciones Ituzaingó y/o Paraná de acuerdo al área considerada.

Fili et al, 1994, op cit expresa que “se pone en evidencia cómo la complejidad hidrogeológica y las deficiencias propias de la información disponible sobre las perforaciones censadas, dificultan conceptualizar la dinámica del sistema”. De esta fuente y del trabajo Iriondo, 1980, op cit, se detallan las características de los acuíferos identificados y explotados, en mayor o menor medida, en los departamentos Paraná, Diamante y Nogoyá.

Los terrenos cuaternarios están representado en la mayor parte de la Provincia de Entre Ríos por la Formación Hernandarias (Pleistoceno medio), constituyendo su cubierta. Su desarrollo areal trasciende los límites de la misma, encontrándose en provincias vecinas con otro nombre y características.



**Figura N° 2. Unidades geológicas aflorantes**

De espesores variables de acuerdo a la altura topográfica considerada, es portadora de acuíferos de pobre rendimiento hidráulico, libres o semilibres, por lo general con medio a elevado contenido salino.

Principalmente son sedimentos loésicos, limo-arcillosos, de color castaño claro con intercalaciones pardas, grises y verdosas. Presentan abundante carbonato de calcio en forma de concreciones y en el “centro - Norte y centro – Oeste de la provincia se destaca la presencia de

yeso...” lo que explica las características de elevada alcalinidad y dureza que muestran las aguas contenidas en estos terrenos.

Debido a sus bajos rendimientos (2 a 4 m<sup>3</sup>/hora) y su errática aptitud química no se lo explota en forma intensiva y su uso se reduce al consumo de ganado y excepcionalmente humano (pozos de balde, bombas de mano, molinos).

Los niveles acuíferos en terrenos terciarios están representados por las Formaciones Ituzaingó y Paraná.

La primera representa el más importante nivel acuífero explotado en el área de estudio. De extensión regional en la zona se distribuye irregularmente ya que no se encuentran afloramientos de la misma desde unos km al Norte de Paraná hacia el Sur. Hacia el Este vuelve a detectarse a la altura del paraje El Espinillo y entre San Benito y Aldea María Luisa. Su espesor, de acuerdo al origen, es variable existiendo registros que oscilan entre una decena de metros hasta más de cien. El contacto con las formaciones suprayacentes del Cuaternario ha sido establecido alrededor de los 35-40 m sobre el nivel del mar, sin importar la cota de la superficie topográfica. Los caudales Característicos (Qc) de éste acuífero semiconfinado varían entre 1.30 y 7.35 (m<sup>3</sup>/h)xm. de acuerdo a los antecedentes recopilados.

Químicamente son aguas bicarbonatadas sódicas con bajo contenido salino (entre aprox. 500 y 1200 ppm) aptas para bebida humana y prácticamente sin limitaciones para su uso en riego complementario.

La segunda unidad, de acuerdo a los antecedentes analizados este nivel acuífero es explotado desde la ciudad de Paraná al Sur, con caudales característicos interesantes (hasta 15 m<sup>3</sup>/h.m) y aptitud química en algunos casos aceptable para consumo humano y abrevado de animales, con restricciones para el riego complementario en algunos de los puntos identificados a este nivel de detalle, con contenido salino (entre aprox. 700 y 3500 ppm).

## RESULTADOS

Se recopilaron antecedentes y generaron información de 93 perforaciones distribuidas en los Departamentos de acuerdo al resumen del Cuadro N°2 y Figura N° 3. La información hidroquímica recopilada (78 muestras) y generada (13 muestras), permitirá en la etapa actual que se encuentra el proyecto delimitar con mayor precisión los límites de ambas unidades (Paraná e Ituzaingó) en los departamentos investigados.

**Cuadro N° 2. Resumen de la Información Analizada**

<b>Departamento</b>	<b>Información Hidroquímica</b>	<b>Información Hidrogeológica</b>	<b>Información Completa</b>
Paraná	39	11	34
Diamante	31	1	5
Nogoyá	8	3	2

El Cuadro N° 3 presenta el listado de las perforaciones con análisis químicos que permitieron calcular el valor del RAS (Relación Adsorción Sodio) y que disponen de datos de Conductividad Eléctrica, la Figura N° 4 muestra el Diagrama de Riverside con la representación de los puntos determinados a partir de los pares de valores C.E. y R.A.S.



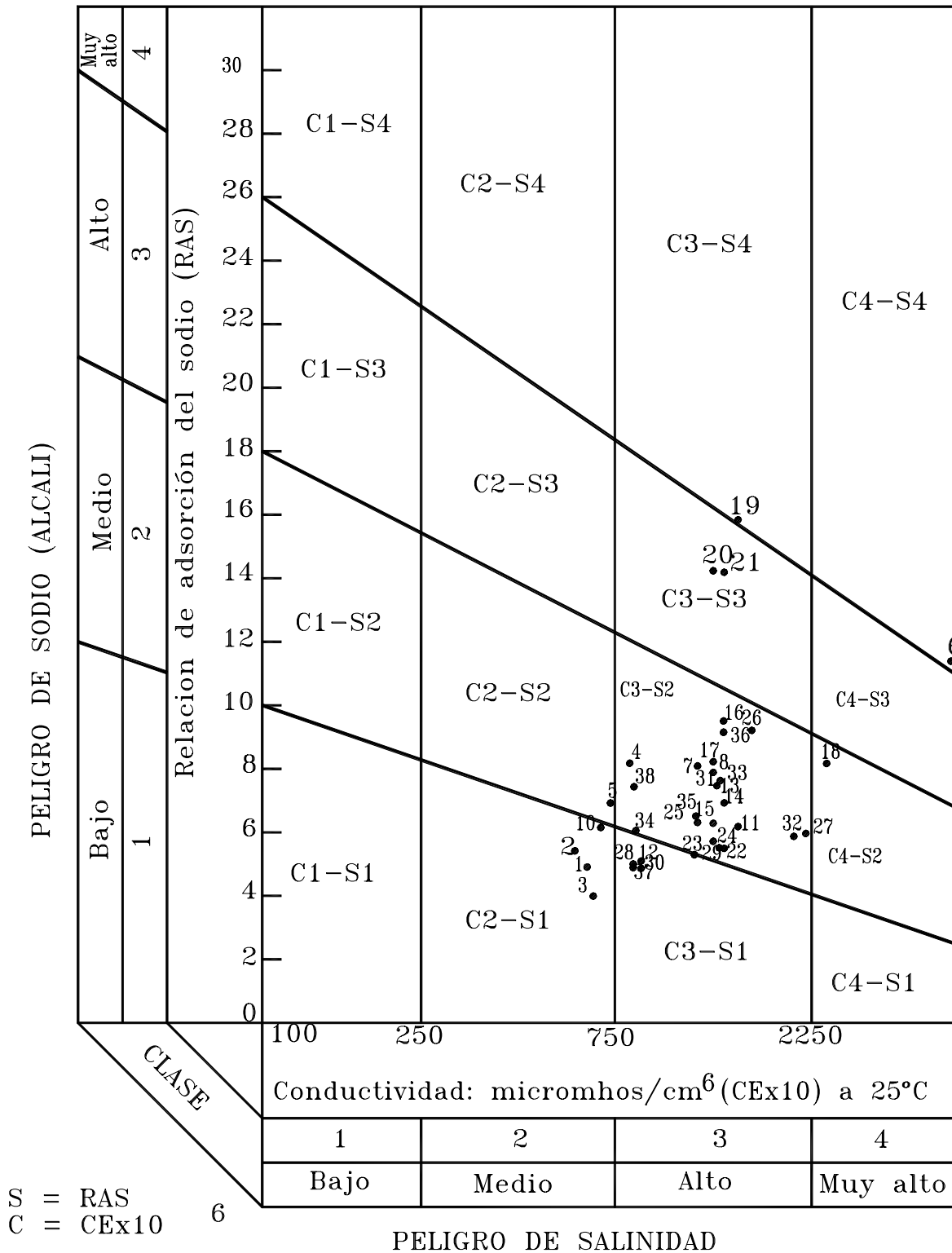
## **BIBLIOGRAFIA**

- Bertolini, J. C., Tomás M. A. y Lell, R.G. 1989. "Inventario del recurso Agua Subterránea en la Provincia de Entre Ríos". Dirección de Minería y Recursos Hídricos-SECyT.
- Bertoloni, J. C. 1995. Mapa Geológico de la Provincia de Entre Ríos. República Argentina. Convenio Secretaría de Minería de la Nación y Gobierno de la Provincia de Entre Ríos. Escala original 1:500.000.
- Filí, M. F; Tujchneider, O. C; Perez, M. y Paris, M. 1994. Investigaciones Geohidrológicas en la Provincia de Entre Ríos. Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales en Hidrología Subterránea. Mar del Plata. E. Bocanegra y A. Rapacioli Editores.
- Fili, M. F; Pérez, M.; Tujchneider, O. C., Paris, M. y D'elía, M. 1998. Geohidrología del sistema acuíferos en la ciudad de Paraná (Argentina) y sus alrededores. 4° Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Montevideo. ALSUHD. Pág.: 442-459
- Iriondo, M. 1980. "El Cuaternario en Entre Ríos". Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, N° 11. Argentina.
- Plan Mapa de Suelos, 1991. Carta de Suelos del Departamento Diamante. Serie de Relevamiento de Recursos Naturales N° 9. Convenio Provincia de Entre Ríos-INTA.
- Vivot, E.; Barbagelata, H. Cruañes, M. y Plouchouk, M. 1994. "Calidad de Acuíferos Subterráneos para Consumo Humano, Animal y Riego de Cultivo en los Departamentos Paraná y Diamante de la Provincia de Entre Ríos". Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Inédito. 1994.

**Cuadro N° 3. Listado de las perforaciones y su parámetros con destino a riego**

PERFORACIÓN	Departamento	Orden	Prof. [m]	Espesor acuífero [m]	C.E. [μS/cm]	RAS
Camps (Cooperativa de agua)	DIAMANTE	1			697	4.88
Ramírez (Corralón Municipal)	DIAMANTE	2			664	5.17
Ramírez	DIAMANTE	3			700	4.00
Ramírez	DIAMANTE	4			900	5.20
Aranguren (Cooperativa de agua)	NOGOYA	5	111.5	17.5	740	6.90
Crucecita Septima	NOGOYA	6			4725	11.4
Nogoyá - Est. Los Cordobeses	NOGOYA	7	95.0	> 3.8	1050	8.17
Don Cristobal Segundo	NOGOYA	8			1138	7.90
Nogoyá - Est. Don Cayetano	NOGOYA	9	60.0	41.	780	5.90
Hernández (Cooperativa de agua)	NOGOYA	10			710	6.06
Paraná- Pozo N° 1 Paraná V	PARANA	11	120.0	13.	1700	6.25
Paraná - Gazzano (calle Las Garzas)	PARANA	12	119.0	34.	981	5.18
Paraná- Pozo N° 4 Gazzano	PARANA	13			1203	7.43
Paraná- B° Mercantil	PARANA	14			1497	6.94
San Agustín	PARANA	15	89.4	17	1152	6.20
Paraná- B° Paraná XIV	PARANA	16			1351	9.28
Crespo (Planta de agua)	PARANA	17	108.4	29.	1185	8.28
El Espinillo	PARANA	18	72.0	16.	2650	8.2
Hansenskap	PARANA	19			1700	15.9
Inta Paraná	PARANA	20	138.0	26.	1200	14.20
Aldea Brasileira	PARANA	21			1420	14.2
Paraná - Barrio Km 51/2	PARANA	22			1266	5.69
Km 5 1/2 (Esc. Tabare)	PARANA	23			1068	5.34
Las Delicias (Esc. Agrotécnica)	PARANA	24	140.0	20	1227	5.54
María Luisa (Pozo nuevo)	PARANA	26	65.0	14.	1869	9.25
María Luisa (Pozo viejo)	PARANA	25	67.0	11.	1084	6.57
Oro Verde Pozo N° 2 (Iglesia)	PARANA	27	126.0	20.	2220	5.90
Paraná- Pozo N° 1 Parque Industrial	PARANA	28	97.0	23.5	934	5.00
El Quebracho	PARANA	29			1200	5.90
Est. Racedo (Cooperativa de Agua)	PARANA	30			911	4.77
Est. Racedo (Cabaña Feller)	PARANA	31			1297	7.35
Aldea San Juan	PARANA	32			1947	5.87
Aldea San Rafael (Coop. de agua)	PARANA	33	69.0	> 7.	1365	7.73
Aldea Sta. Rosa (Coop. de agua)	PARANA	34	89.0	> 6.	842	6.09
Sauce Pinto- Bajada Tanque	PARANA	35	93.0		1251	6.30
Seguí	PARANA	36	105.0	12.	1368	9.20
Viale Pozo N° 1 (A y E.E.)	PARANA	37	88.0	43.	840	4.61
Villa Urquiza	PARANA	38	89.0	15.5	810	7.64

# Diagrama de Riverside



**Figura N°4. Aptitud de las aguas subterráneas para riego**