

***Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Gualeguaychu con fines de riego de arroz. República Argentina***

***Resumen***

***Introducción***

***Objetivos***

***Caracterización del área en estudio***

***Metodología y equipamiento***

***Conclusiones***

***Agradecimientos***

***Referencias bibliográficas***

# Estudio hidrogeológico de la cuenca del Río Gualeguaychu con fines de riego de arroz. República Argentina

Díaz, E. L. <sup>(1)</sup>, Duarte, O. C. <sup>(1)</sup>

## RESUMEN

Con el objeto de caracterizar el funcionamiento hidrogeológico del sistema acuifero de la cuenca del Río Gualeguaychú, Provincia de Entre Ríos de la República Argentina, que es intensamente explotado con destino a riego del cultivo de arroz, se realizaron estudios de prospección geoeléctrica y de testificación geofísica de sondeos. La superficie de la cuenca es de 7.513 km<sup>2</sup>.

El área es actualmente explotada con perforaciones de entre 80 y 120 metros de profundidad que extraen caudales que oscilan entre los 200 y 450 m<sup>3</sup>/h con destino a riego de arroz y, en menor medida en estos últimos años, al riego complementario de oleaginosas y cereales. Se concentra en la cuenca el 40 % del área irrigada de la Provincia, totalizando 75.000 has en la campaña 1997/98, con una dotación media estimada de 13.300 m<sup>3</sup>/ha.

Existen en la cuenca más de 1000 perforaciones que, en promedio, abastecen entre 60 y 90 has por perforación. Las mismas han sido ejecutadas sin control geológico y sin una legislación que regule el uso del agua subterránea. Desde la campaña 1988/89 el área arrocera ha triplicado la superficie irrigada.

La ejecución de 47 SEV y la testificación en 12 sondeos mecánicos han sido las herramientas utilizadas para caracterizar la hidrogeología de los primeros 100-150 metros. Se presentan como resultados cortes eléctricos, perfiles de pozos, análisis químicos de muestras de la formación explotada y curvas granulométricas de la fracción arenosa de perforaciones controladas. La prospección eléctrica de superficie ha demostrado su capacidad para caracterizar el sistema hidrogeológico basado en los altos contrastes resistivos entre las unidades hidrogeológicas involucradas. La correlación con los resultados de la testificación de pozos ha permitido ajustar el modelo eléctrico.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del área arrocera de la cuenca del Gualeguaychú, durante la campaña de riego que dura aproximadamente 100 días continuos, están funcionando alrededor de 900 perforaciones, las cuales se construyen sin tener en cuenta pautas de diseños hidráulicos y constructivos.

Si se considera como única fuente para el riego del arroz el agua subterránea es poco razonable pensar en su expansión. Históricamente se ha comprobado que cuando las hectáreas sembradas superan las 50.000 y el año no es muy lluvioso se registran inconvenientes. En la campaña 1988/89 el 10% del área sembrada se perdió por esta causa (sequía y falta de capacidad de riego).

De acuerdo a los valores medidos a nivel parcelario por el Proyecto "Eficiencia y Rentabilidad del Riego en Cultivos Seleccionados" (Benavidez et al, 1997a), la misma se riega con dotaciones de 13.220 m<sup>3</sup>/ha, con consumos de combustible en el bombeo de 550 a 700 l/ha.

## OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- Contribuir al conocimiento hidrogeológico de la Cuenca del Río Gualeguaychú.
- Determinar la sustentabilidad del uso del agua subterránea con destino al riego de arroz.
- Presentar la capacidad y economía del uso de las técnicas geofísicas de superficie y en sondeos para la investigación hidrogeológica.

## CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

La cuenca del Río Gualeguaychú se ubica en la zona centro-oeste de la Provincia de Entre Ríos, entre los 31°45' y los 33°12' de latitud Sur, y 58°00' y 58°45' de Longitud Oeste, abarcando parte de los Departamentos Colón, Gualeguaychú y Uruguay, de la Provincia de Entre Ríos en la República Argentina. La Figura N° 1 presenta su ubicación relativa.

De acuerdo a la clasificación de Thorntwaite la cuenca en estudio tiene un clima de tipo subhúmedo-húmedo. La precipitación media anual es de 1138 mm para el período 1954/98. El trimestre menos lluvioso corresponde a los meses de junio, julio y agosto con valores del orden de los 180 mm, y el trimestre más lluvioso

<sup>(1)</sup> Departamento Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. C.C. N° 24 - Correo Central - (3100) Paraná - Entre Ríos. República Argentina.

a los meses de enero, febrero y marzo, con valores cercanos a los 340 mm. La temperatura media anual es de 18 °C, con valores medios mensuales que oscilan entre 12 y 25 °C (julio y enero, respectivamente). Existen en la cuenca 13 estaciones pluviométricas con registros que se extienden desde 1908. La Estación EEA-INTA de Concepción del Uruguay es una estación climática completa de primer nivel, y se encuentra ubicada en el borde este de la cuenca.

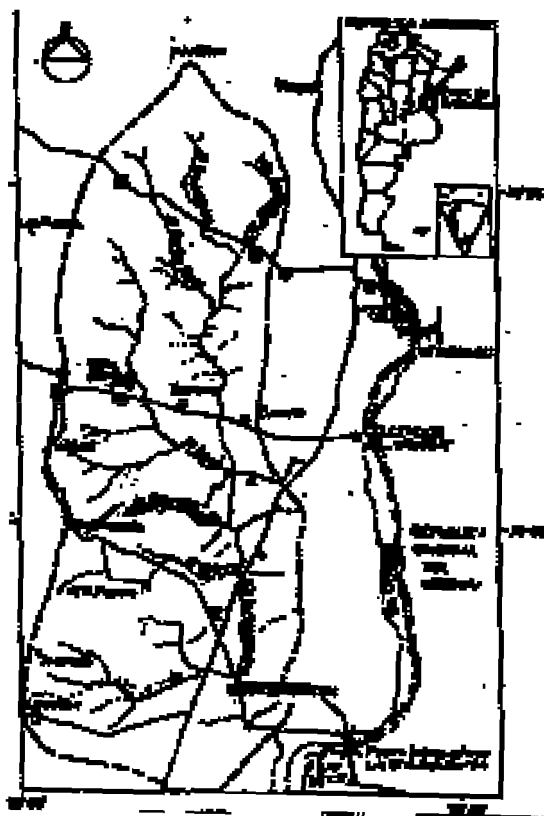


Figura N° 1. Localización de la cuenca del Río Gualeguaychú.

Los suelos se clasifican en dos grupos: los suelos vertisoles hidromórficos de permeabilidad muy lenta de los horizontes con declives muy suaves, asociado a la presencia de acuíferos de gran volumen y calidad, hace que estos suelos reúnan las condiciones óptimas para el cultivo del arroz; y los suelos de los valles de los principales arroyos menores: los suelos de estos valles varían, a corta distancia según el área, el régimen hidrológico del arroyo y los materiales arrasados.

La Provincia de Entre Ríos se encuentra enmarcada dentro del sistema fluvial de la Cuenca del Plata. Como su nombre lo indica se encuentra rodeada de ríos, existiendo solamente 17 km de frontera seca con otras provincias (Corrientes al norte).

El río Gualeguaychú tiene cinco subcuencas con superficies entre 214 y 1240 km<sup>2</sup>, el área interfluvios

alcanza a 3403 km<sup>2</sup>. La longitud total de los cursos superficiales es de 180 km, con una pendiente media del 0.024%.

En la cuenca existen 4 estaciones hidrométricas y una estación de aforo de caudales (puente sobre la Ruta Nacional N° 39), que abarca una superficie de 1980 km<sup>2</sup>. El caudal medio anual de la serie es de 6.51 m<sup>3</sup>/seg, con valores que oscilan entre 0.81 y 20.65 m<sup>3</sup>/seg. El caudal diario máximo registrado es de 376 m<sup>3</sup>/seg. Se destacan las variaciones significativas entre los años secos (88-89 y 96-97) y el último período asociado a la anomalía "Niño" correspondiente al año hidrológico 97-98, en el cual se han registrado los máximos caudales históricos de la serie.

En la sección Puerto Gualeguaychú, para una superficie de 6.840 km<sup>2</sup>, Pedraza (1991), utilizando niveles hidrométricos en dicha estación, determinó caudales máximos de 4060 m<sup>3</sup>/seg, el 20 de marzo de 1978.

Las aguas subterráneas desempeñan un papel preponderante en el abastecimiento para diferentes usos, aún en aquellas poblaciones asentadas a orillas del Paraná y el Uruguay. Inclusive gran parte de las 135.000 has regadas de arroz utilizan aguas subterráneas mediante perforaciones (Benavidez, 1997b, 1998).

La presencia de acuíferos y la calidad de aguas sólo se conoce a través de un número relativamente reducido de perfiles de perforación. En la Tabla N° 1 se

Formación	Litología-Hidrogeología
HERNANDARIAS (Pleistoceno)	Limos calcáreos-arcillas arenosas. Acuitardo.
SALTO CHICO (Plioceno Superior)	Arenas medianas, gravas intercalaciones de arcillas. Acuífero de alto rendimiento. Agua de baja salinidad.
FRAY BENTO (Oligoceno Inferior a Medio)	Areniscas y limos calcáreos. Acuitardo con arenas acuíferas intercaladas de baja potencia y bajo rdto. Salinidad mediana.
PAY UBRE (Cretácico Superior)	Areniscas calcáreas y calcáreos-arenosas, parcialmente silicificadas. Acuitardo.
YERUA (Cretácico Superior)	Arenas y areniscas conglomerádicas. Acuífero.
SOLARI Miembro Serra Geral (Cretácico Inferior)	Basaltos en superficie. Acuíferos en fisuras. Acuífugo.
SOLARI Miembro Solari (Cretácico Inferior)	Areniscas rojas. No se han detectado directamente, profundidad a más de 1000 m. Acuíferas ?

Tabla N° 1. Ambientes Hidrogeológicos de Entre Ríos

citan los grandes ambientes hidrogeológicos que existen en la provincia, y algunas de sus características desde el punto de vista hidrogeológico (FILL et al., 1994).

Las aguas subterráneas son del tipo bicarbonatadas sódicas, de mediana salinidad, aptas para el consumo humano, ganadero y desde el punto de vista del riego son aguas de salinidad media de poco a mediano contenido de sodio.

## METODOLOGÍA Y EQUIPAMIENTO

Las mediciones de los sondeos eléctricos verticales fueron realizadas utilizando un resistímetro con compensación automática de los potenciales espontáneos e intensidad constante, que presenta en forma digital los potenciales inducidos en milivoltios. La intensidad máxima es de 500 mA.

Se utilizó el dispositivo tetraelectródico de Schlumberger simétrico, las aperturas máximas utilizadas fueron de 320 metros de AB/2. La interpretación se realizó mediante un programa de ajuste automático en función de las diferencias entre los valores observados en el campo y los teóricos correspondientes al modelo en cada iteración. El problema directo se resolvió mediante la utilización de la técnica de convolución utilizando los filtros de 9 y 29 términos.

Las mediciones de las testificaciones geofísicas en sondeos fueron realizadas utilizando un equipo de registro punto a punto, con un espaciado vertical de 0.25 metros. Los registros geofísicos medidos fueron la resistividad normal de corto y largo espaciado (16 y 64"), la resistividad lateral (AO=75"), el potencial espontáneo y la radiación gamma natural mediante un fotomultiplicador y un detector de centelleo. La capacidad del equipo es de 150 metros de profundidad. Los datos fueron procesados mediante software propio y representados gráficamente con el programa AUTOCAD V12.

## RESULTADOS

La Figura N° 2, presenta los registros integrados de la testificación geofísica de la perforación Calimboy N° 1 (resistividad normal de corto y largo espaciado, lateral, y potencial espontáneo), la interpretación litológica y el diseño de la perforación de explotación con destino a riego de arroz del establecimiento Calimboy ubicado al norte de la localidad de Santa Anita, (DALLA COSTA et al, 1995).

La interpretación conjunta de SEV paramétricos realizados en coincidencia con perforaciones en las que se han realizado testificaciones geofísicas en sondeos mediante registros eléctricos y radiactivos ha permitido extrapolar los resultados a la totalidad del área.

La Tabla N° 2 presenta una síntesis de los valores de los parámetros físicos determinados por las testificaciones en sondeos y la comparación de los mismos con los valores de resistividad verdadera interpretada de la campaña de Prospección Eléctrica, para las unidades hidrogeológicas involucradas.

Las Figuras N° 3 y 4 presentan dos cortes eléctricos, uno Oeste-Este desde la localidad de Basavilbaso a la localidad de Caseros, constituido por 6 SEV y otro Norte-Sur, desde la localidad de Clara al Norte hasta la Ruta Provincial N° 16, constituida por 11 SEV. Se pueden observar las variaciones de las condiciones de la piezometría. El área superior de la cuenca, en donde se concentra la mayor superficie bajo riego de arroz, presenta condiciones de sobreexplotación, habiendo pasado el acuífero de condiciones de semi-confinado a libre, con descensos de hasta 4 metros por debajo del techo de la Fm. Salto Chico. Los cursos principales, que por cota alcanzan a cortar el techo de las arenas, alimentan el acuífero en la cuenca inferior, con menor número de explotaciones arroceras. El acuífero continúa bajo presión, siendo los cursos de agua efluentes del sistema regional.

La Fm. Salto Chico se encuentra en condición libre (arenas secas en su techo), indicativo del grave dete-

	Log Resistivos (ohm*m)	Pot. Esp. (milivolt)	Gamma Nat. (cps)	SEV (ohm*m)
Fm. Hernandarias	5 a 7	-25 a -12	25 a 45	3 a 8.5
Fm. Salto Chico (seca)	>37			>50
Fm. Salto Chico (saturada)	25 a 42	-70 a -50	5 a 12	18 a 45
Intercalaciones arcillosas	3 a 5	-35 a -20	60 a 85	4 a 7
Arcilla Base del Acuífero	<2	-27 a -5	>110	<1

Tabla N° 2. Resumen de los Parámetros Geofísicos de las Unidades Hidrogeológicas.

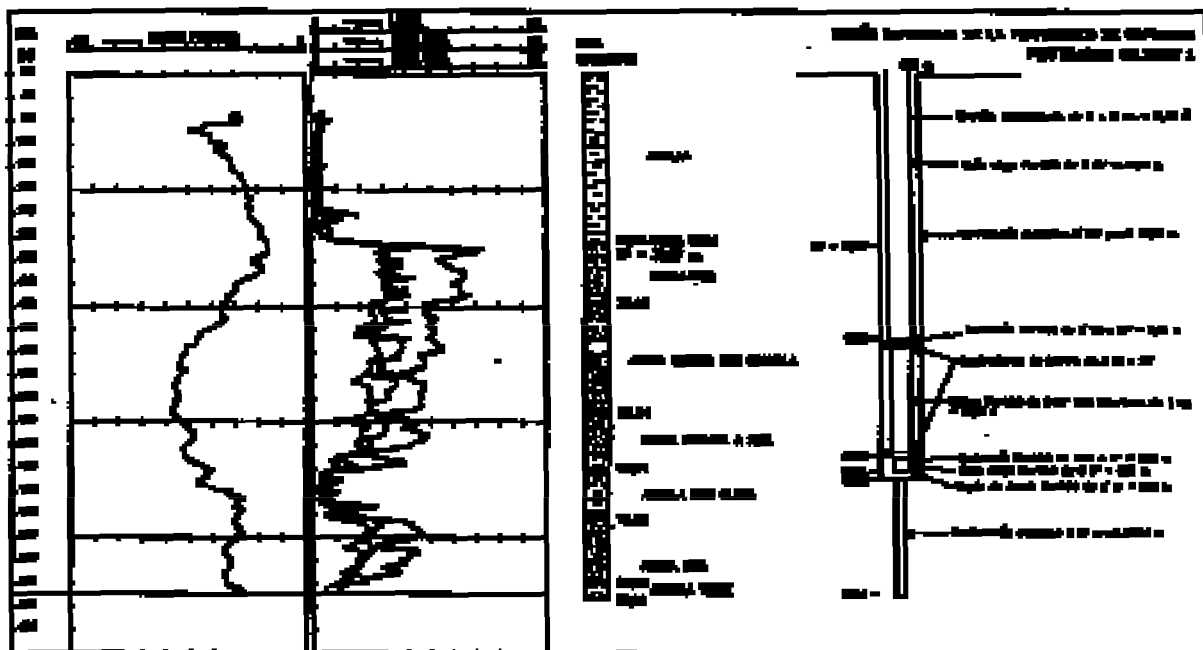


Figura N° 2. Testificación geofísica integrada del sondeo Calimboy 1.

rioro del sistema frente a la sobreexplotación. El mismo al comienzo de la década del 60 se encontraba a presión, con una carga entre 5 y 10 metros. Existen buenos contrastes resistivos entre los limos y arcillas superiores, Fm. Hernandarias, y las arenas de la Fm. Salto Chico, asimismo los registros resuelven las intercalaciones arcillosas y el límite o base de arcillas verdes. El registro de potencial espontáneo, se correlaciona con los eléctricos, determinando los tramos más aptos para la ubicación de los filtros. El espesor medio del acuífero determinado a partir de las determinaciones geoelectricas y de los registros de las perforaciones testificadas es de 66.7 m, variando entre 58 y 85 m, los espesores disminuyen de norte a sur.

## CONCLUSIONES

A pesar de que la cuenca se encuentra sobreexplotada, de que existe un sinnúmero de perforaciones destinadas al riego de arroz y otros cultivos, consumo humano y el abrevado de animales, no existe un adecuado conocimiento del funcionamiento hidrogeológico del sistema, las relaciones con el ciclo exógeno (precipitaciones y escurrimiento) y el grado de sustentabilidad que tiene el actual sistema productivo basado en el agua subterránea.

La utilización de las técnicas geofísicas de superficie y en sondeos, se ha convertido en una herramienta con un gran potencial para la resolución de los problemas en las nuevas áreas de cultivo. Finalmente, los parámetros determinados mediante las distintas técnicas constituyen un valor normalizado que permiten correlacionar los resultados de diferentes investigaciones y superar las subjetividades de las descripciones no normalizadas de los perforistas, generalmente no

habitados a realizar descripciones detalladas de los perfiles de perforaciones.

Estas técnicas permiten, asimismo, a la autoridades de manejo y gestión de los recursos hídricos de la provincia un ajustado conocimiento de los parámetros hidráulicos de las formaciones hidrogeológicas involucradas.

La alta resolución de los registros radiactivos (rayos gamma natural) permitiría a la autoridad de aplicación, mediante su utilización en sondeos existentes y utilizando un número seleccionado de perforaciones, reconstruir los perfiles de las mismas y ajustar el conocimiento hidrogeológico regional a un costo inferior al 5% de un sondeo exploratorio.

## AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto PICT '97 "Sustentabilidad del Cultivo de Arroz en la Provincia de Entre Ríos", de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER, que mediante un subsidio de la Agencia de Investigación de la República Argentina permitió la ejecución del presente trabajo. A la UNER que financió la asistencia a este evento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENAVIDEZ, R.; DÍAZ, E.; DUARTE, O. y VALENTI, R. (1997,a). Evaluaciones de Eficiencias y análisis de costos de riego a partir de agua subterránea en un cultivar de arroz. Provincia de Entre Ríos. Argentina. III Congreso Internacional sobre Ingeniería Hidráulica. Holguín. Cuba. Abril de 1997.
- BENAVIDEZ, R.; DÍAZ, E.; DUARTE, O. y LENZI, L. (1997,b) Aplicación de Técnicas radiactivas en la evaluación de la Eficiencia del Riego de Arroz. I International Symposium on

## PERFIL OESTE-ESTE

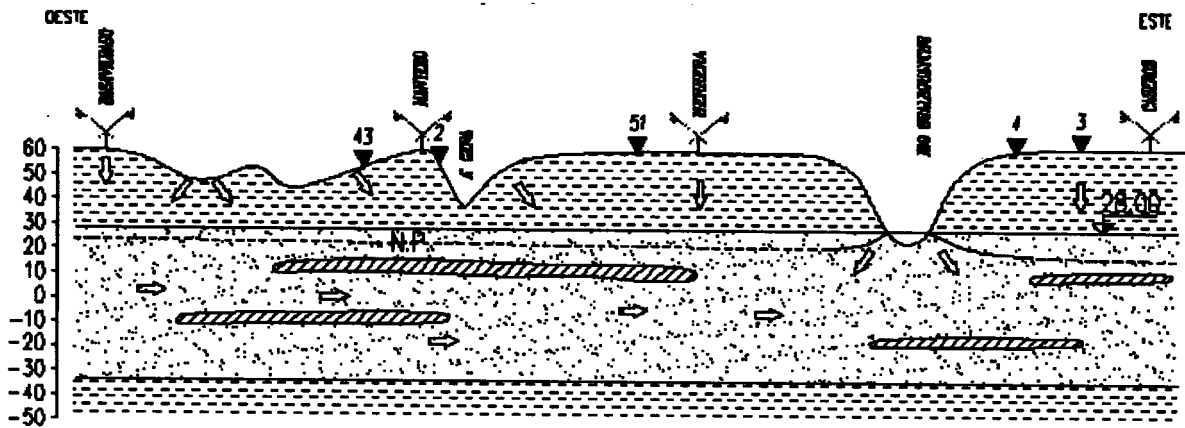


Figura N° 3. Perfil Oeste-Este

## PERFIL NORTE-SUR

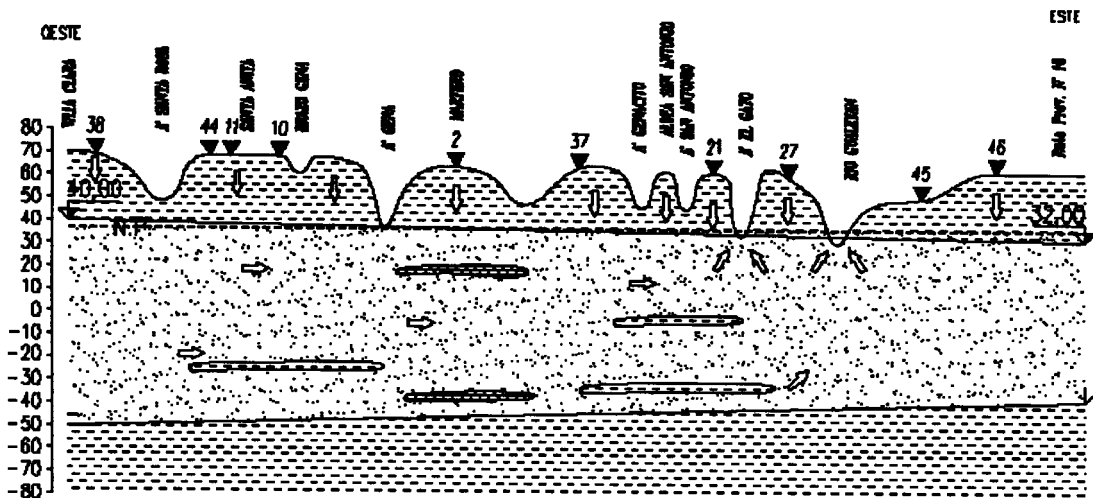


Figura N° 4. Perfil Norte-Sur

Nuclear and Related Techniques in Agriculture. Havana. Cuba. 28 al 30 de Octubre de 1997.

BENAVIDEZ, R.; CERANA J.; RIVAROLA, S. y SAVIO C. (1998). La rentabilidad de la producción de arroz bajo riego en un sistema mixto agrícola-ganadero. Congreso Latinoamericano de Ing. Agrícola. La Plata. Noviembre de 1998. La Plata. Argentina.

DALLA COSTA, O.A. y DÍAZ, E.L. (1995). Estudio Hidrogeológico del Establecimiento "Calimboy". Provincia de Entre Ríos. 30 pág. 7 Fig. 1 Plano. Inédito.

DÍAZ UCHA, E.L. (1988) Interpretación Automática de Sondeos Eléctricos verticales. Base de datos y Aplicaciones. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada.

DUARTE, O.C. y DÍAZ, E.L. (1992) Estudio Geofísico con fines de riego de arroz del Establecimiento "El Gato". Provincia de Entre Ríos. 10 pág. Inédito.

FILI, M.F.; TUJCHNEIDER, O.C.; PÉREZ, M. y PARÍS, M. 1994. Investigaciones Geohidrológicas en la Provincia de Entre Ríos. Seminario Hispano-Argentino sobre Temas Actuales en Hidrología Subterránea. Universidad Politécnica de Cataluña y Universidad Nacional de Mar del Plata y Consejo Federal de Inversiones. Emilia Bocanegra y Alicia Rapaccioli Editores Responsables, Mar del Plata.

PEDRAZA, R. (1991). Informe Parcial. Estudio Hidrológico Rural Cuenca Río Gualaguaychú, en Defensa contra inundaciones ciudad de Gualaguaychú. Convenio CFI-Provincia de Entre Ríos. 36 pág., 20 tablas, 7 Planos y 26 Figuras. Inédito.