

XASS39531

Report No. IAEA-R-3995-F

**TITLE**

Aplicacion de isotopos ambientales en el estudio hidrogeologico del sector costero de la  
provincia de Buenos Aires

**FINAL REPORT FOR THE PERIOD**

**December 1984 - December 1989**

**AUTHOR(S)**

**Hector Osvaldo Panarello**

**INSTITUTE**

**Instituto de Geocronologia y Geologia Isotopica (INGEIS)  
Buenos Aires, Argentina**

**INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY**

**DATE            January 1990**

F

APLICACIÓN DE ISOTOPOS AMBIENTALES EN EL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL SECTOR COSTERO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ENTRE CABO SAN ANTONIO Y BAHIA BLANCA. CONTRATO DE INVESTIGACION OIEA 3995/RB.

Hector Osvaldo Panarello  
Instituto de Geocronologia y Geologia Isotopica (INGEIS)

RESUMEN

Se presentan los resultados y conclusiones de las investigaciones realizadas en el marco del contrato entre el INGEIS y la O.I.E.A. 3995/RB con la colaboracion de la Direccion de Geologia, Minería y Aguas Subterráneas (DIGMAS) y el Centro Federal de Inversiones (C.F.I.).

Los resultados obtenidos permiten confirmar la utilidad del metodo isotopico en el trazado de procesos hidrodinamicos y definir condiciones de recarga e infiltracion. Aguas de la gran inundacion, acaecida desde las copiosas precipitaciones del año 1986 con características isotopicas particulares debidas a la evaporacion han sido encontradas en numerosos pozos y permitido de esta forma identificar su recarga aun a profundidades significativas.

Se pudo establecer tambien la dinamica de acuíferos costeros sometidos a explotacion estacional (Pinamar y Villa Gesell) que en la mayoría de los pozos producen en verano aguas recargadas el periodo pluvial precedente.

ABSTRACT

Results and conclusions obtained under the framework of the 3995/RB research contract between the I.A.E.A. and the INGEIS with participation of the Direccion de Geologia, Minería y Aguas Subterráneas (DIGMAS) and the Centro Federal de Inversiones (C.F.I.) are presented.

From the results the suitability of the isotope techniques for tracing hydrodynamic processes could be confirmed. Recharge condition also have been defined.

The exceptional event of flood in the Buenos Aires province that begin in 1986 in connection with abnormal high precipitations targeted infiltrating waters with the isotopical signal of the evaporation. This signal was found out in many of the sampled wells and allowed to recognize the recharge, even to significative depths.

In the Pinamar and Villa Gesell towns, it was possible to establish the dynamic of wells under seasonal exploitation. In the most of cases water withdrawn in summer was recharged in the immediate precedent pluvius period.

## INTRODUCCION

En dos informes anteriores, Levin et al. (1987), Levin et al (1988) y dos publicaciones, Levin et al (1988) y Panarello et al (1989) se presentaron tareas de campo, resultados e interpretacion de trabajos realizados bajo el contrato de investigacion entre la Organizacion Internacional de Energia Atomica (O.I.E.A.) y el Instituto de Geocronologia y Geologia Isotopica (INGEIS) 3995/RB. En el mismo participaban la Direccion de Minería, Geología y Aguas Subterráneas (DIGMAS) y el Centro Federal de Inversiones (C.F.I.)

Debido a cambios en la política nacional y de la Provincia de Buenos Aires, el responsable por la DIGMAS Lic. M. Hernandez fue cambiado al finalizar el primer año y fue designado el Dr. J. Santa Cruz como su sucesor, quien actuó durante el segundo año. Actualmente debido también a razones políticas la Direccion fue disuelta. El Lic. Manuel Levin, responsable por INGEIS ha renunciado a su puesto, ya lo había hecho anteriormente el responsable del laboratorio de tritio, Lic. M. Alberó. Durante abril de 1990 se destruyeron por el fuego los laboratorios de carbono-14 y tritio del INGEIS, en este último se hallaban en proceso las muestras de la última campaña (enero de 1990) a Pinamar y Villa Gesell que no pudieron ser extraídas nuevamente. Ante estos acontecimientos, quien escribe optó por reducir el área de estudio hasta la zona de Villa Gesell, llevar a cabo la compleción de análisis sobre muestras existentes de aguas subterráneas y de lluvia y realizar la reinterpretación de los resultados a la luz de los nuevos análisis isotópicos realizados.

A pesar de las adversidades mencionadas se estima que el presente trabajo constituye un buen aporte al conocimiento de la dinámica de infiltración de los acuíferos costeros estudiados.

Con las lluvias de Mar del Plata del año 1986 y 1988 y la totalidad de las de la estación Ciudad Universitaria en Buenos Aires se pudo reconstruir más ajustadamente la función de entrada al sistema.

Mediante los datos de isofreáticas e isopiezas se pudo definir con mayor exactitud la extensión y límites de los acuíferos lo que permite prescindir del tratamiento por localidades que se efectuó en informes anteriores.

Se consideran en este informe los muestreos realizados en febrero, abril y setiembre de 1986 en San Clemente, Santa Teresita, San Bernardo, Mar de Ajo, Pinamar y Villa Gesell. Agosto de 1986 y febrero de 1987 en San Clemente, Santa Teresita, San Bernardo y Mar de Ajo. En marzo de 1988 sobre pozos en Costa Azul, San Clemente, Mar del Tuyú, Mar de Ajo y Las Toninas tomadas a distinta profundidad y en mayo de 1988 en Pinamar y Villa Gesell.

## GEOLOGIA

El basamento en la zona de estudio es la Formacion Pampeano, de edad cuaternaria. Se trata de sedimentos loessicos con predominancia de la fraccion limo, calcareos, con un espesor reconocido en perforaciones aledanas de mas de 50 metros.

Esta formacion, que aflora hacia el oeste, en la zona de estudio se encuentra cubierta sin excepcion por sedimentos arenosos de origen eolico, de edad postpampeana, yacentes en muchos casos sobre relictos de las ultimas ingresiones marinas del Cuaternario Superior.

La acumulacion de estos depositos eolicos reconoce por lo menos tres ciclos, el mas antiguo aflora hacia el oeste, apoyado sobre los sedimentos pampeanos. Tiene el aspecto tipico de duna devastada y sus sectores mas erosionados permiten el afloramiento de cordones conchiles, relictos de las ingresiones marinas mencionadas.

El segundo episodio medanoso puede ser localizado entre el anterior y las dunas actuales, en la posicion mas occidental respecto a estas ultimas; es de caracteristicas semifijas y posee una expresion topografica mas acentuada que el anterior.

La ultima secuencia arenosa constituye las dunas actuales que flanquean la linea de costa, con alturas de hasta mas de 20m s.n.m. en su mayor expresion (medanos a la altura del faro Punta Medanos Sur) y un desarrollo que llega a los 5 km sobre el mismo lugar. Los cordones de dunas mantienen un ancho regular desde Villa Gesell hacia el Norte y alcanzan en mayor desarrollo en Punta Medanos. Mas al Norte, se adelgaza progresivamente, al tiempo que pierden altura y expresion topografica para llegar aun minimo sobre la Punta Norte del Cabo San Antonio (San Clemente del Tuyu)

Las perforaciones de la zona muestran una secuencia arenosa correspondiente a los ciclos eolicos mencionados, sobre depositos tambien samiticos, producto de los sucesivos depositos costeros. Sin embargo, existen intercalaciones arcillosas, que en general no superan los 3 a 5m, relictos de viejas lagunas costeras o relleno de canales de marea. En muchas ocasiones, estas intercalaciones ofrecen un aspecto tipico de depositos palustres, lo cual esta asociado frecuentemente con la presencia del ion ferroso en las aguas subterranas, en funcion del caracter fuertemente reductor de estos depositos.

Desde el punto de vista hidrogeologico, se trata de una secuencia tipicamente acuífera, correspondiendo las intercalaciones peliticas aludidas a un caracter acuitardo, cuya magnitud depende fundamentalmente del factor hidraulico mas que del hidrologico.

Las unidades geomorfológicas fueron distinguidas por Sala et al (1976).

## METODOS ANALITICOS

Las muestras de agua para analisis isotopicos fueron procesadas de la siguiente manera:

Para la determinacion de oxigeno-18 se procedio a la e -  
equilibracion de las muestras con CO<sub>2</sub> a 25° C y su ulterior puri-  
ficacion criogenica como se describe en Epstein y Mayeda (1951).

La determinacion de deuterio se hizo de acuerdo a la tec-  
nica de Coleman et al (1982) que consiste en la reduccion del agua  
a hidrogeno mediante cinc a (485 + 2)°C.

Para la medicion de la relacion isotopica <sup>18</sup>O / <sup>16</sup>O y <sup>2</sup>H / <sup>1</sup>H  
se empleo un espectrometro de masas micromass 602-D de doble colec-  
tor y doble sistema de introduccion, con valvula conmutadora tipo  
McKinney. Los resultados analiticos se expresan como desviaciones  
del patron internacional Vienna-Standard Mean Ocean Water (V-SMOW)  
de acuerdo a la siguiente expresion:

$$\delta = 1000 \times \frac{R(\text{muestra}) - R(\text{V-SMOW})}{R(\text{V-SMOW})} \text{ o/oo}$$

Donde  $\delta$  es  $\delta^{18}\text{O}$  o  $\delta^2\text{H}$  la desviacion isotopica en o/oo  
R, la relacion isotopica <sup>18</sup>O / <sup>16</sup>O o <sup>2</sup>H / <sup>1</sup>H  
V-SMOW se encuentra definido en Craig (1957) y Gonfian-  
tini (1978).

Los errores analiticos (+1s) corresponden a 0.1 o/oo en  
oxigeno-18 y 1 o/oo en deuterio.

Los analisis de tritio fueron realizados, previo enrique-  
cimiento electrolitico, por espectrometria de centelleo liquido.  
Las concentraciones se expresan en Unidades de Tritio (U.T.) defi-  
nidas como:

$$1 \text{ U.T.} = 1 \text{ atomo } ^3\text{H} / 10^{18} \text{ atomos de } ^1\text{H}$$

El error analitico de estas muestras (+ 1s) oscila entre  
0.5 a 0.7 U.T.

En todos los casos se muestrearon pozos en funcionamiento  
o bien luego de ponerlos en marcha y esperar alrededor de 2 horas  
para que se estabilicen. Las muestras tomadas de cinco pozos some-  
ros en S.Clemente, Mar del Tuyu y C.Azul, Las Toninas y Mar de Ajo  
fue la de "cuchareo", i.e. el cano camisa de 2" se fue bajando por  
presion y la obtencion de muestras litologicas y de agua se toma -  
ron con una cuchara de 1 1/2 ". Llegando a la profundidad deseada,  
se efectuaba la limpieza y luego se esperaba la entrada de agua al  
pozo para coleccionar la muestra para analisis quimicos e isotopicos.

## RESULTADOS

A continuacion se dara una lista de los trabajos llevados a cabo en el campo del estudio hidrológico clasico para luego entrar en la interpretacion de los datos isotopicos.

Se completo la prospeccion geoelectrica de la region, habiendose realizado 105 sondeos electricos verticales en 18 transectas perpendiculares a la costa y algunas paralelas a la misma y en perforaciones someras.

Se censaron 285 manifestaciones y se analizaron quimicamente las muestras de agua obtenida en cada una de las manifestaciones relevadas.

Se han elaborado diagramas del tipo Piper y Schoeller-Berkaloff y determinado los indices hidroquimicos mas frecuentes. Es decir se cuenta con la caracterizacion completa de los acuíferos freaticos y el semiconfinado.

Existe una marcada diferencia quimica entre las aguas provenientes del acuífero freatico y semiconfinado que como puede apreciarse en el diagrama de Schoeller (fig. 2) integran dos familias bien diferenciadas, sobre todo en la rama cationica. Las principales características del acuífero freatico es que sus aguas son bicarbonatadas calcicas, bajo contenido salino, alta dureza, bajo contenido o ausencia de sulfatos. En tanto las aguas del acuífero semiconfinado pueden resumirse como bicarbonatadas-sodicas, baja dureza y mayor contenido salino que las freaticas.

Con la informacion analizada hasta el presente se supone un modelo de evolucion vertical de las aguas en el que en la relacion entre ambos acuíferos estaria dado un intercambio de bases que se produce por la circulacion del agua en un estrato arcilloso formado por sedimentos marinos (homologables al Querandino) que se encuentran entre los 25 y 18 metros de profundidad (variable segun las zonas).

En el estudio geoquimico del acuífero semiconfinado (actualmente mas desarrollado que el freatico) se ha encontrado que el modelo conceptual que mas se ajusta es el de una zona central, coincidente con la mayor expresion en superficie de la cadena medanesa y por ende de mayor carga hidraulica, a partir de la cual se desarrollan en forma radial divergente zonas con mayor contenido salino. La extension comprobada del mismo de acuerdo a los mapas isopieciicos seria la siguiente: Al Norte coincide con el limite sur de Mar de Ajo, al Sur a unos 4 km S de Punta Medanos. Al Este con la playa. Al Oeste si bien no esta exactamente definido se lo encuentra hasta unos 7 km de la costa.

En la zona de Pinanar y Villa Gesell existe un acuífero semiconfinado, pero como se vera mas adelante su dinamica de recarga y descarga bajo explotacion es muy rapida.

## RESULTADOS ISOTOPICOS

Con datos provenientes de la estacion Ciudad Universitaria de Buenos Aires y dos anos completos de la estacion Mar del Plata se intenta reconstuir la funcion de entrada de isotopos estables y tritio al sistema. La estacion Ciudad universitaria tiene un registro historico de 10 anos con un promedio en delta oxigeno-18 de -5.0 o/oo y de delta deuterio de -29 o/oo. La estacion Mar del Plata durante el ano 1986 arrojó un promedio de -6.9 en delta O-18 y -47.3 en delta H-2. En el periodo marzo de 1988-marzo de 1989. los promedios pesados fueron de -5.0 y -31,7 para delta O-18 y delta H2 respectivamente, ver apendice 1.

Con respecto a los valores de tritio se puede observar un empobrecimiento sistematico en los valores de Mar del Plata en relacion a los de Ciudad Universitaria (probablemente debido al efecto del mar). En el cuadro 1 se comparan las estaciones en periodos donde hay registro de ambas.

AÑO	MES	Ciudad Universitaria T (U.T.) (PP[mm])	Mar del Plata T (U.T.) PP [mm]
1986	Enero	10,5 (97,5)	11,1 (80,6)
	Febrero	8,7 (26,2)	- (74,2)
	Marzo	7,9 (74,6)	8,4 (86,5)
	Abril	7,7 (161,7)	5,5 (191,0)
	Mayo	8,6 (101,8)	- (39,4)
	Junio	7,4 (51,6)	5,7 (43,5)
	Julio	7,8 (35,6)	- (45,1)
	Agosto	- (134,1)	- (10,0)
	Setiembre	8,1 (61,3)	- (108,2)
	Octubre	7,8 (185,8)	- (91,8)
	Noviembre	17,2 (173,6)	8,8 (152,8)
	Diciembre	10,2 (35,7)	8,5 (71,9)
1987	Enero	13,1 (40,9)	9,5 (80,6)
	Febrero	10,8 (139,5)	6,3 (90,4)
	Marzo	8,7 (166,1)	3,7 (13,0)
	Abril	9,4 (60,6)	7,3 (28,7)

Cuadro 1. Comparacion de los niveles de tritio en Ciudad Universitaria y Mar del Plata.

De lo expuesto se puede estimar para la zona de estudio una funcion de entrada de unas 10 U.T. un valor delta O-18 de -5,0 a -6.9 o/oo y un valor de delta-H2 entre -30 a -47 o/oo.

En marzo de 1988 hubo un evento extraordinario de precipitacion de 586,4 mm registrado en Buenos Aires con una composicion de -6.9 y -48 en delta O-18 y delta H-2 respectivamente. En Mar del Plata en el mismo periodo fue de 156.9 mm -6.4 y -46 en los mismos isotopos.

## DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Para la discusion se consideraran dos regiones; la primera incluye las localidades de San Clemente, Santa Teresita, San Bernardo y Mar de Ajo. Los muestreos isotopicos estan hechos fundamentalmente en el acuífero freatico. La segunda zona corresponde al acuífero freatico y al semiconfinado en Pinamar y Villa Gesell. Los valores obtenidos se listan en la tabla II, correspondiendo para la primera region los numeros I, II, III a los muestreos realizados en febrero de 1986, agosto de 1986 y febrero de 1987, en épocas de maxima, minima y maxima explotacion respectivamente. La continuacion de la table II define con los numeros I' y III' a los reconocimientos realizados en la segunda zona en abril de 1986 y mayo de 1988.

Comparando los muestreos I y III en épocas de maxima explotacion, se puede apreciar que han ingresado aguas de las ultimas precipitaciones, que como senala el promedio del año 1986 han contribuido, sin evaporacion significativa, a hacer la composicion del agua subterranea mas liviana en deuterio y oxígeno-18. La recarga se evidencia en una suba generalizada de los tenores de tritio y en la disminucion de la salinidad de varios de los especimenes analizados.

Si se comparan en cambio I y II. Existen situaciones caracteristicas segun las zonas. En algunos casos se observa el aumento de la salinidad indicando el abatimiento de los niveles, aun no recuperados, durante la extracion veraniega. En los pozos de San Bernardo se observa la veloz recuperacion de los niveles a traves de un aumento en los tenores de tritio y disminucion de la salinidad.

En la estancia Los Venados que posee dos pozos se pudo muestrear el semiconfinado con 0,0 U.T. en una de ellos. La disminucion de los niveles de tritio en las muestras ST4, ST5 y ST6 responden al envejecimiento rumbo el oeste hacia la zona de descarga.

La evolucion diferencial en los pozos estudiados senala que la dinamica ultrarapida establecida en estudios anteriores no se cumple en forma global i.e. la velocidad de infiltracion varia segun las condiciones caracteristicas de cada zona. Seria necesario un muestreo mucho mas intensivo fundamentalmente para tritio y conductividad para establecer un modelo conceptual de la recarga.

En la zona segunda (Pinamar y Villa Gesell) la influencia de aguas estacionadas en la superficie, durante las ultimas inundaciones o en eventos similares mas alejados en el tiempo es mucho mas evidente. Responden a esta senal tanto el freatico como el llamado semiconfinado. Los pozos P4, P6, P7 y P8 muestran ingreso de aguas significativamente evaporadas de la ultima inundacion. El descenso en la salinidad tambien es muy importante. El P8 que en 1986 estaba produciendo de un nivel inferior con muy poco tritio acusa un fuerte incremento en la composicion de este isotopo. El descenso de los niveles de tritio del P4 y P6 no revela abatimiento sino recarga con aguas de lluvia de menor actividad como las observadas en 1986/87 (figuras 3 y 4).



No	Nominación e identificación	$\delta^{18}O$ [o/oo]			$\delta^2H$ [o/oo]			Tritio U.T.			Salinidad mg/L			Profundidad m	Dist.a costa m	Bombeo
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
San Clemente del Tuyu																
1	SC1 Hotel Solmar	-5.0		-5.1	-32		-34	6.2		8.2	1200			4.5	150	T
2	SC2 Faro (cisterna)	-5.3	-5.5	-5.6	-30	-37	-37	6.9	8.8	8.4	374	610	546	4.0	1000	T
3	SC2'Faro (bomba)	-5.5			-36			4.8			474			4.0	1000	P
4	SC3 Baln. "Argolla de Plata"	-5.4		-5.4	-32		-34	4.9		8.9	553		541	4.0	10	T
5	SC4 Vivero Agua de la Virgen	-5.3	-5.3	-5.3	-32	-37	-37	7.0	9.4	7.7	927	983	.777	4.0	700	P
6	SC5 Zona de captacion	-5.7			-31			7.5			434			4.0	1500	P
7	SC6 Las Chacras (bar)	-5.6			-30			7.1			952			3.5	3200	P
8	SC7 Puerto (Bar El Timon)	-5.3			-33			8.4			1967			?	1700	T
9	SC7'Ria	-0.5			-6			6.2			13860					Superf.
Santa Teresita																
10	ST1 Deposito Cooperativa	-4.8		-5.0	-32		-33	4.5		7.2	686		602	7.0	100	P
11	ST2 Planta de bombeo	-5.4	-4.9	-5.6	-30	-32	-37	7.7	6.4	6.7	518	850	534	7.0	30	P
12	ST3 Estac. YPF (R. Moggia)	-4.9	-5.0	-5.4	-31	-31	-35	10.5	6.6	10.3	722	925	595	7.0	250	P y C
13	ST4 A Ing. Revuelta (casa)	-4.8	-4.6	-5.1	-30	-30	-33		10.8	4.8		548	385	7.0	1000	P
13'	ST4 B Ing. Revuelta (casa)		-4.0	-4.9	-30	-30	-31	3.2	4.8	7.2	458	1596	801	11.0	1000	P
14	ST5 Sr. Aguilera (casa)	-4.3	-4.5		-26	-30		3.9	2.5		2814	2891		7.0	2400	P
15	ST6 Ea. San Luis	-2.9	-4.5	-4.3	-20	-33	-32	3.7	6.8	5.4	1330	1176	829	6.0	3200	P
San Bernardo																
16	SB1 Hotel SEGBA	-5.0	-5.2	-5.4	-30	-35	-37	8.0	11.1	9.6	546	616	412	7.0	30	P a C
16'	SB1'Hotel SEGBA			-5.0			-37			8.8			469	7.0	30	T
17	SB2 Hotel Atlantico IX	-5.3			-30			8.5			437			?	150	T
18	SB3 Hotel Bell Sur	-5.4			-31			9.6			392			7.0	800	T
19	SB4 Sr. Sequira (casa)	-4.8		-5.0	-28		-33	10.4		8.3	322		329	6.0	1300	P
20	SB5 Cooperativa de diarios	-3.8	-3.8	-3.4	-26	-27	-26	8.8	9.5	7.3	350	365	296	7.0	2350	P
Mar de Ajo																
21	MA1 Playa (Bar Raices)	-5.0		-5.1	-29		-34	9.2	9.0		658	455		8.0	10	T
22	MA2 Hotel Venecia	-5.3		-5.5	-28		-35	9.2	8.6		469	423		8.0	150	T
23	MA3 Camping Gral. Lavalle	-5.3			-33			8.8			441			?	250	P
24	MA4 Hospital	-5.2			-32			8.1			514			8.0	1600	P
25	MA5 Sr. Gonzales (casa)	-4.7		-5.5	-30		-37	5.6		6.9	665		441	7.5	2500	P
26	MA6 Campo "El Sarandi"	-5.5			-34			9.0			439			?	3700	P
27	MA7 Sr. Ramirez (taller)	-4.6	-5.6	-4.7	-30	-39	-31	9.7	10.0	7.8	721	406	595	8.0	1600	P
28	MAB CLYFEMA (cooperativa)	-4.9	-4.8	-5.1	-30	-31	-32	10.7	13.2	10.1	329	414	335	8.0	600	P
-	Ea. Los Venados 44a			-3.1			-21					1904		25.0		P
-	Ea. Los Venados 44b			-5.0			-30					1245		6.0		P

TABLA II Valores de isótopos estables  $^2H$  y  $^{18}O$  y tritio y salinidad de los muestreos I, II, III, I' y III' de las localidades bajo estudio.

No. de muestra y descripción	$\delta^{18}O$ ‰		$\delta^2H$ ‰		Temperatura °C	Salinidad ‰		Temperatura °C	
	1	2	1	2		1	2	1	2
Lagos									
01 Lago de San Marcos	-10.7		-10.1		18.0		10.0		20.0
02 Lago de San Marcos	-10.9		-10.0		18.0		10.0		20.0
03 Lago de San Marcos, Salinas	-10.7		-10.0		18.0		10.0		20.0
04 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.0	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
05 Lago de San Marcos	-10.9		-10.0		18.0		10.0		20.0
06 Lago de San Marcos	-10.9	10.0	-10.0	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
07 Lago de San Marcos	-10.9	10.0	-10.0	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
08 Lago de San Marcos	-10.9	10.0	-10.0	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
09 Lago de San Marcos	-10.9	10.0	-10.0	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
10 Lago de San Marcos	-10.9	10.0	-10.0	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
Lago de San Marcos									
11 Lago de San Marcos	-10.7	-10.7	-10.1		18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
12 Lago de San Marcos	-10.7		-10.1		18.0		10.0		20.0
13 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
14 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
15 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
16 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
17 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
18 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
19 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
20 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
21 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
22 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
23 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
24 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
25 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
26 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
27 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
28 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
29 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0
30 Lago de San Marcos	-10.7	10.0	-10.1	10.0	18.0	10.0	10.0	10.0	20.0

- 01 Lago de San Marcos
- 02 Lago de San Marcos
- 03 Lago de San Marcos
- 04 Lago de San Marcos
- 05 Lago de San Marcos
- 06 Lago de San Marcos
- 07 Lago de San Marcos
- 08 Lago de San Marcos
- 09 Lago de San Marcos
- 10 Lago de San Marcos

TABLA II (continuación) VALORES ISOTOPICOS Y DE SALINIDAD EN LA ZONA DE PINAMAR Y VILLA GESELL

En la ciudad de Villa Gesell, las muestras VG1, VG3, VG6 y VG10, responden a un esquema similar al mencionado (fig. 3 y 4).

Una situación diferente, se tiene en la VG4 mas alejado de la zona de recarga, que no modifica su nivel de 0,0 U.T. aunque disminuye su salinidad y evidencia entrada de aguas evaporadas similares a las de Pinamar, que tal vez hayan sido recargadas en una situación similar de inundación ocurrida en tiempos pasados. Un comportamiento similar tendrían las VG7 y VG8. La VG9 responde al mismo esquema pero esta produciendo temporariamente aguas de una composición isotópica relacionada a inundaciones pero no las últimas, ya que su nivel de tritio descendió a 0,0 U.T.

#### COMPOSICION ISOTOPICA Y CONDUCTIVIDAD DE PERFORACIONES SOMERAS

Se realizaron un número de 5 perforaciones someras en las localidades de Costa Azul, San Clemente del Tuyu, Mar del Tuyu, Mar de Ajo y Las Toninas, se midió en ellas el contenido de isótopos estables y tritio así como las conductividades eléctricas. Los valores obtenidos se presentan en el cuadro 3.

El contenido de tritio fluctúa en valores intermedios en los primeros metros y después disminuye rápidamente acompañado de un incremento en la conductividad al alcanzar los niveles areno-arcillosos primero y arcillosos después.

Los contenidos en deuterio y oxígeno-18 corresponden en general a aguas previamente evaporadas en superficie y se definen zonaciones vinculadas a la composición de las precipitaciones. Dado que el agua de los pozos no fuera extraída a las mismas profundidades no se hace directa la comparación del contenido isotópico en los frentes de infiltración. Sin embargo a excepción del pozo de Costa Azul, los 4 restantes llegan a la misma composición isotópica en los últimos metros y con un valor similar a la del agua explotada en muchos pozos de la llanura Pampeana.

Si se observan los valores de tritio en el pozo de San Clemente, se puede considerar que hasta los 8.5m de profundidad, donde se registra una arena muy fina, con mezcla de arcillas, pasando a arcilla neta de los 9-12m, representan lluvias recientes. Esta información daría soporte a lo visto al tratar la zona. El hecho de que recién después de 8m se encuentren aguas más viejas y la profundidad de explotación sea de unos 4m, señala que los muestreos II y III son representativos de lluvias recientes sin mezcla significativa de aguas almacenadas en el reservorio.

#### CONCLUSIONES

1- Se ha evidenciado que el tritio es un buen trazador de los mecanismos de recarga en los acuíferos costeros, fundamentalmente porque nos señala en los pozos las mezclas entre las aguas que se infiltran y las más viejas retenidas en el reservorio. Por otra parte se pudo apreciar que en la primera zona definida en esta discusión las aguas subterráneas son tan recientes que determinan una situación muy comprometida para asegurar posibilidades de extracción regular.

Profundidad [m]	delta O-18 [o/oo]	delta H-2 [o/oo]	Tritio [U.T.]	Conductiv. [uS/cm]
<b>Costa Azul</b>				
0 - 3.5	-4.4	-30	4.0	1110
4 - 4.5	-5.4	-27	4.5	619
5 - 5.5	-6.1	-30	4.2	1007
6 - 6.5	+0.6	-20	5.0	673
7 - 7.5	-6.0	-36	4.4	547
8 - 8.5	-2.9	-25	5.6	723
9 - 9.5	-4.2	-32	3.4	2590
10 -10.5	-5.3	-30	2.0	4420
11 -11.8	-0.0	-15	1.6	9170
<b>San Clemente</b>				
0- 0.90	-2.2	-26	5.1	595
1- 2	-4.6	-30	7.3	477
2- 3	-3.4	-33	7.6	456
3- 4	-4.8	-28	7.9	617
4- 5	-4.7	-32	8.2	901
5- 6	+0.5	-34	7.3	852
6- 7	-2.8	-24	7.7	1669
7- 8	-4.2	-26	3.7	6690
9-10	-4.0	-28	2.9	11250
<b>Mar del Tuyú</b>				
1.5 - 2	-4.3	-36	8.0	758
2.5 - 3	-3.3	-26	6.9	570
3.5 - 4	-2.5	-32	5.5	1025
7.5 - 8	-3.3	-32	8.5	463
8.5 - 9.5	-0.9	-32	10.2	523
10 -10.5	-3.0	-26	8.6	550
11.5 -12	-3.6	-30		
12 -12.5	-1.9	-29	4.8	1156
12.5 -13	-4.2	-30	-	1096
13.0 -13.5	-4.2	-28	4.3	1332
<b>Mar de Ajó</b>				
3- 3.5	-3.1	-26		495
4- 4.5	-5.4	-34		368
6	-5.2	-34		381
8- 8.5	-4.3	-29		1035
9- 9.5	-4.4	-30		1434
10.5	-4.2	-25		3040
<b>Las Toninas</b>				
0.80	-3.7	-24		358
6.5	-4.5	-26		372
10.5	-4.2	-28		1233

Cuadro 3: Valores de isótopos estables, tritio y conductividad en perforaciones someras.

Las mayores posibilidades de aplicacion se observan en las localidades de Pinamar y Villa Gesell donde se podrian cuantificar en explotacion las proporciones de aguas correspondientes a reservas regulatrices y aquellas de las reservas profundas. Seria util realizar dataciones por carbono-14 para establecer la antiguedad de las aguas muertas en tritio pertenecientes a este acuífero mas profundo.

2- La aplicacion de isotopos estables, mas limitada en la primera zona, ha sido muy clara para definir el ingreso de aguas evaporadas en superficie a los acuíferos de la segunda.

3- En los pozos someros se puede trazar y correlacionar la infiltracion ya que existe diferencia y zonacion tanto en tritio como en isotopos estables.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor quiere manifestar su agradecimiento a los integrantes del laboratorio de isotopos estables del INGEIS, especialmente a las licenciadas C. Dapena y S.A. Valencio.

#### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

COLEMAN, M.L., T.J. SHEPERD, J.J. DURHAM, J.B. ROUSE, G.R. MOORE, 1982. A rapid and precise technique for reduction of water with zinc for hydrogen isotope analysis. Anal. Chem. 54: 993-995.

CRAIG, H., 1961. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters. Science 133: 1833-1834.

EPSTEIN S., T.K. MAYEDA, 1953. Variation of delta O-18 content of water from natural sources. Geochim.Cosmochim. Acta 4: 213-224.

GONFIANTINI, R., 1978. Standards for stable isotope measurement in natural compounds. Nature 271: 534-536.

LEVIN, M., M.C. ALBERO, H.O. PANARELLO, M. HERNANDEZ, M LORENZO Y A. KERSFELD, 1988. Uso de isotopos estable (deuterio, oxigeno-18 y tritio en un sector costero de la provincia de Buenos Aires. I parte. II Jornadas Geologicas Bonaerenses, Actas: 599-607.

PANARELLO, H.O., M., LEVIN, R. DE FELIPI, F. LORENZO, J. PALADINO, A. VIZCAINO. Uso de isotopos ambientales (oxigeno-18, deuterio y tritio) para la determinacion de recarga y trazado de procesos hidrodinamicos en un sector costero de la provincia de Buenos Aires. II parte. II Coloquio Internacional de Grandes Llanuras Buenos Aires. Argentina. Octubre de 1989 (en prensa).

SALA, J.M., N. GONZALEZ Y M. HERNANDEZ, 1976. Factibilidad de la provision de agua potable a la localidad de San Clemente del Tuyu- El Tala. Convenio FCNYMULP- Coop. O.S. de San Clemente del Tuyu. La Plata. Inedito.

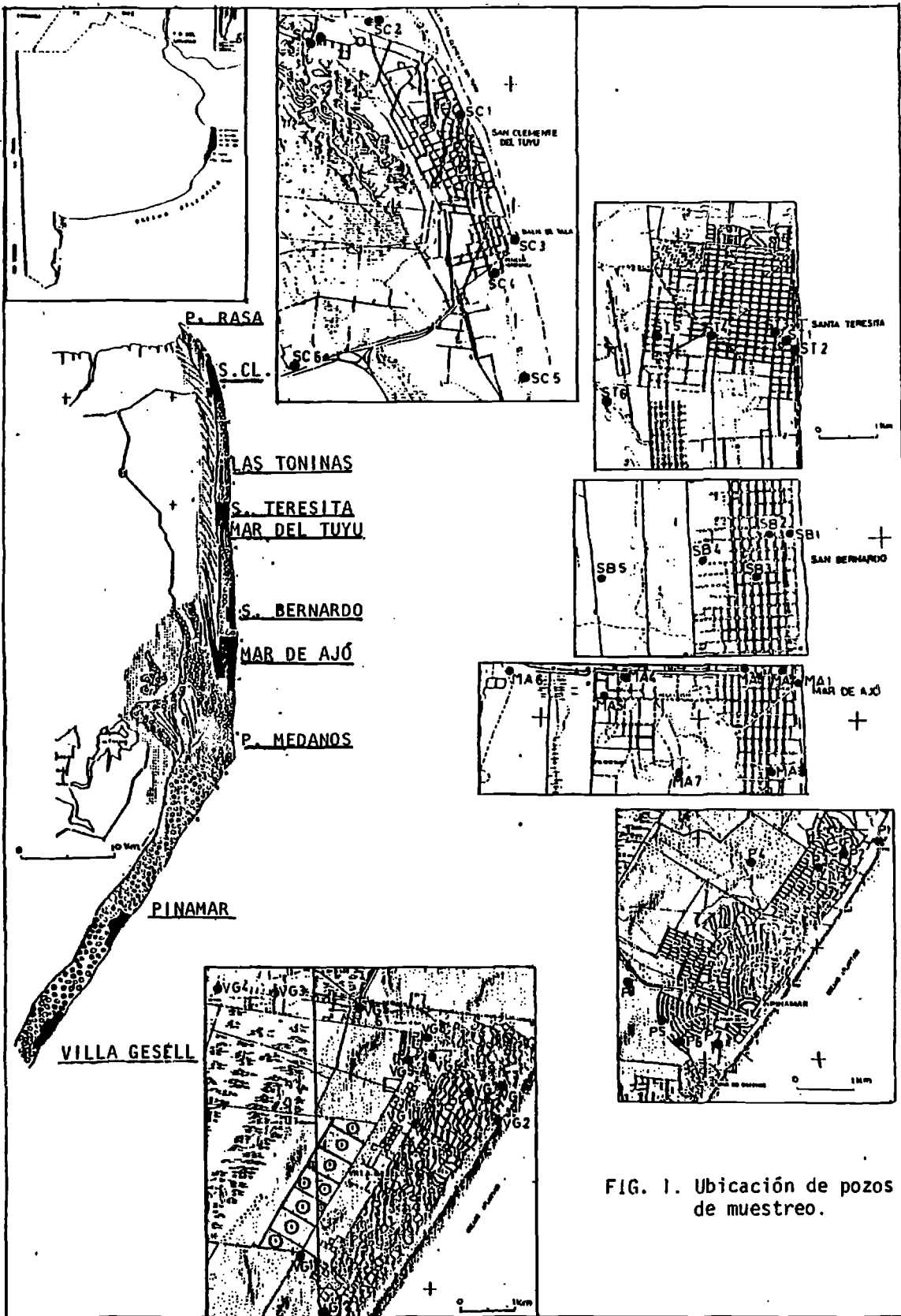


FIG. 1. Ubicación de pozos de muestreo.

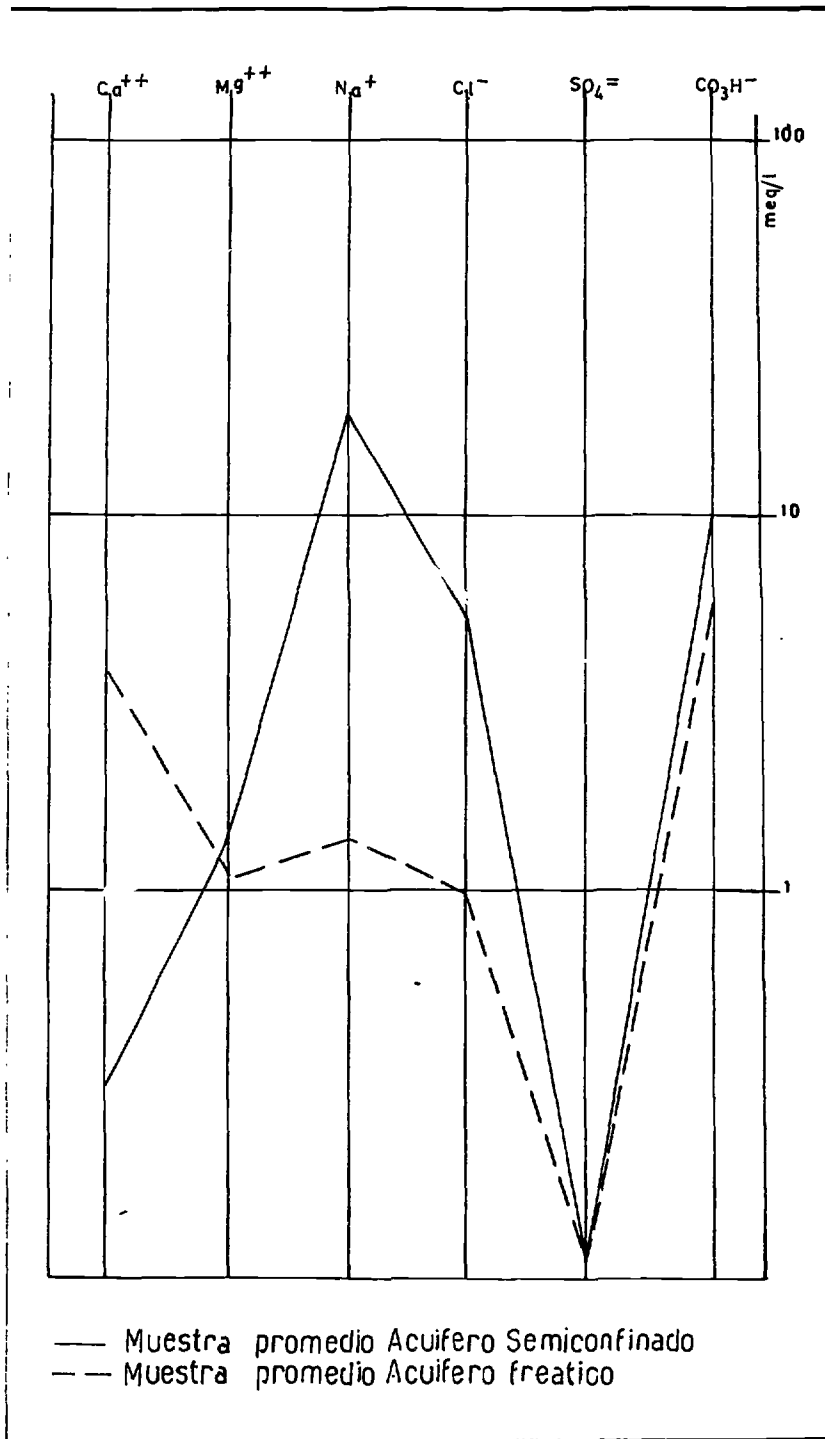


Figura 2  
 Diagrama de Schoeller-Berkaloff de las aguas del freático y el acuífero semiconfinado. Se puede observar el aumento de salinidad y el cambio de calcio por sodio al atravesar las lentes arcillosas

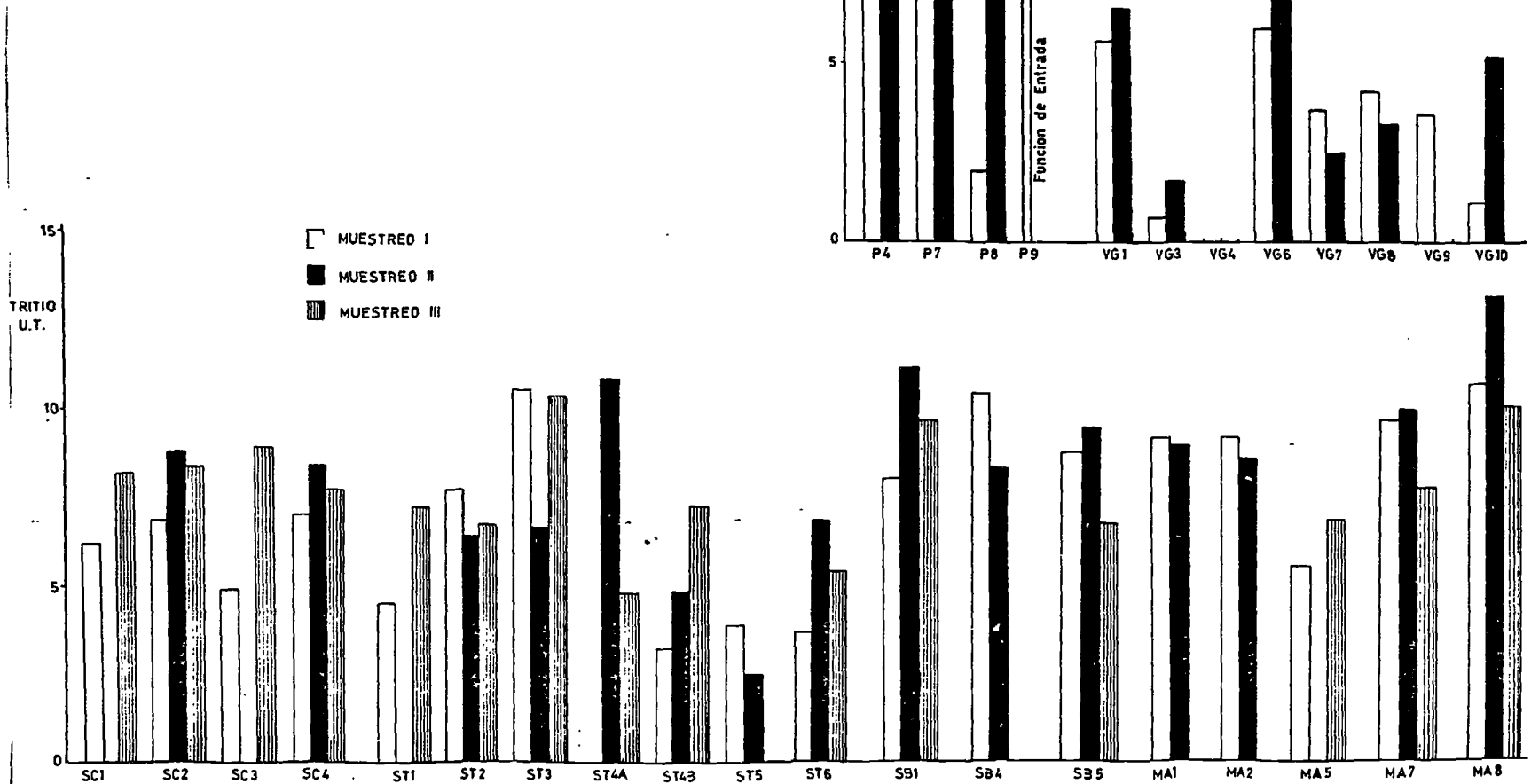


FIGURA 4. Cuadro comparativo de los contenidos de tritico en los muestreos I, II, III, I' y III' de las localidades estudiadas.



APENDICE 1

VALORES DE AGUAS DE PRECIPITACION EN MAR DEL PLATA

MAR DEL PLATA

1986

MES	DELTA O-18 [o/oo]	DELTA D [o/oo]	PRECIPITACION [mm]
1	-3.5	-14	80.6
2	-3.3	-14	74.2
3	-8.0	-48	86.5
4	-13.7	-104	191.0
5	-6.7	-46	39.4
6	-7.0	-48	43.5
7	-11.2	-77	45.1
8	-4.0	-32	10.0
9	-2.7	-18	108.2
10	-3.5	-28	91.8
11	-7.1	-48	152.8
12	-2.8	-19	71.9

Oxigeno-18 pesado -6.9 o/oo en 12 meses  
 Deuterio pesado -47.3 o/oo en 12 meses

MAR DEL PLATA

MARZO 1988/MARZO 1989

MES	DELTA O-18 [o/oo]	DELTA D [o/oo]	PRECIPITACION [mm]
	-6.4	-46	156.9
	-7.1	-47	36.0
	-5.6	-31	26.6
	-3.1	-28	2.1
	-4.6	-27	20.9
	-4.6	-25	103.6
	-2.6	-10	24.5
	-5.4	-33	105.9
	-4.4	-24	110.2
	-2.9	-16	35.5
	-3.7	-24	62.8
	-5.2	-35	92.1

Oxigeno-18 pesado -5.0 o/oo en 12 meses  
 Deuterio pesado -31.7 o/oo en 12 meses