

# MANEJO DEL RECURSO HIDRICO PARA CONSUMO HUMANO EN UNA CIUDAD INTERMEDIA DE ARGENTINA. EL CASO DE TANDIL, PCIA. DE BUENOS AIRES.

H.A. Villalba (\*)  
Rubén G. Nuñez (\*)

## INTRODUCCION.

Uno de los desafíos que plantea el nuevo milenio es resolver el problema del abastecimiento de agua potable a una población mundial estimada en 6000 millones de personas. La contaminación de ríos y napas subterráneas por la actividad industrial ha planteado serios problemas a resolver en el futuro. En el caso de contaminación química de napas subterráneas, esta es, la mayoría de las veces, de carácter irreversible o de un altísimo costo de recuperación. Las ciudades que no tienen la posibilidad de captar agua de ríos para su consumo y dependen exclusivamente del aporte subterráneo, deben extremar los cuidados en el manejo del recurso, evitando de esta manera, problemas como la sobreexplotación; la salinización; la contaminación; los cambios en la calidad del recurso; los aumentos excesivos de los costos de captación; la interferencia entre pozos de extracción; etc.

El presente trabajo interpreta y analiza las consecuencias actuales y futuras del manejo del recurso agua subterránea para consumo de la población, considerando: el tamaño de la cuenca explotada; el balance hidrológico; los caudales históricos extraídos del acuífero; las áreas impermeabilizadas por urbanización; el eje de crecimiento urbano y la proyección de la demanda futura en la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires, Rca. Argentina.

La percepción de algunos indicadores tales como la disminución en el rendimiento de algunos pozos de extracción y el descenso de los niveles freáticos en los alrededores del área de extracción de agua, permiten inferir un déficit en la recarga del acuífero. Observados los incrementos históricos de nuevas conexiones, el aumento del caudal de agua bombeado a la red, el alto consumo de agua per cápita y el porcentaje de población sin servicio, se plantea el manejo actual del recurso y las consecuencias probables en el futuro.

## MATERIALES Y METODOS.

Los estudios de gabinete se basaron en el estudio del área mediante la lectura e interpretación de cartas topográficas del IGM, escala 1:100.000, e imágenes LANDSAT TM, escala 1:100.000, correspondientes al año 1994. Las primeras facilitaron la delimitación topográfica de la cuenca de estudio identificando las divisorias de aguas, en una primera aproximación, mientras que las segundas posibilitaron localizar y georeferenciar áreas de sierras, áreas urbanizadas y áreas de baja pendiente no urbanizada. Posteriormente se realizaron constataciones de campo mediante la identificación directa de los límites prefijados, utilizando un posicionador satelital.

Determinadas las áreas, se procedió a su dimensionamiento mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica.

Se elaboró el balance hidrológico de la zona con datos históricos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional. Considerando cada una de las áreas determinadas, se calculó el aporte anual de recarga por infiltración al acuífero en explotación, mediante la aplicación de parámetros hidrológicos.

Se solicitaron los datos de provisión de agua potable a la Dirección de Obras Sanitarias Municipales entrevistándose al personal técnico sobre el manejo de los sistemas de explotación actual. Se calcularon los volúmenes anuales extraídos del acuífero y su proyección a futuro considerando datos históricos. Se realizaron entrevistas a vecinos de las diferentes áreas de extracción.

Con todos los datos obtenidos y la bibliografía específica sobre el tema, se procedió a su interpretación y análisis para la confección del presente informe final.

---

(\*) Laboratorio de Estudios Ecogeográficos. UNICEN. Tandil. Bs. As. Argentina.

## **Descripción del área de estudio**

La ciudad de Tandil está ubicada en el partido del mismo nombre, en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. (ver figura 1). Las coordenadas del centro de la ciudad son 37° 19' de latitud Sur y 59° 7' de Longitud Oeste, que corresponden a la Plaza Independencia, donde se fundó el Fuerte del mismo nombre en abril de 1823, que dio origen a la ciudad.

La población urbana actual es de aproximadamente 100.000 habitantes y presenta índices de crecimiento constante. Esta se halla ubicada sobre el faldeo norte de las Sierras de Tandil, un complejo ígneo metamórfico de edad precámbrica, de alturas medias de 400-500 m. sobre el nivel del mar. La ciudad se encuentra a unos 190 m.s.n.m. de altura promedio. Dada la limitación topográfica de las sierras, el crecimiento de la ciudad es preponderantemente hacia el norte-noreste. (ver figura 1)

## **Aguas superficiales.**

El área de estudio corresponde a la cuenca superior del Arroyo Langueyú, que escurre en sentido sur-norte. La red de drenaje se puede definir en dos ambientes bien definidos, el área de sierras constituidos por afloramientos del basamento cristalino, considerado acuífugo, y el ambiente poroso clástico que se define a partir del área de pedemonte y en la llanura circundante. En la zona de sierras la red de drenaje es más abundante, y está constituida por cursos de agua de tipo intermitente y naturalmente efluentes (Salas et. al. 1981). Una vez que el drenaje se instala en el sector de pedemonte y llanura, la red de drenaje se simplifica a dos cursos de agua, A°. del Fuerte y A°. Blanco ambos de carácter influente, lo cual está limitado en el área urbana por encontrarse entubados. Estos dos cursos, unidos, forman el A° Langueyú. (ver figura 2).

No existen cuerpos de agua superficiales naturales, sí un lago artificial de 12 hectáreas de superficie y una profundidad promedio de 1,20 m., formado como consecuencia de la construcción de un dique regulador de crecidas.

## **Aguas subterráneas.**

Hidrogeológicamente se reconocen dos ambientes principales. Uno constituido por el basamento cristalino, considerado la base del acuífero, donde la infiltración se considera de un 22,5 % del total de agua recibida. Este ambiente posee una escasa capacidad de almacenamiento en fisuras. Las perforaciones en este ambiente no arrojan caudales mayores a los 1000-1200 lts./hora. La profundidad de los niveles freáticos estáticos en esta zona varían, según la topografía, entre los 18 y los 25 m.

El otro ambiente descrito es el denominado poroso clástico. Esta constituido por sedimentos Cuaternarios, y es donde se produce la mayor infiltración y almacenamiento producto de las precipitaciones dentro de la cuenca delimitada a los fines del presente estudio.

La profundidad de los niveles freáticos estáticos en esta zona varían entre los 6 m. y los 18 m. En los últimos diez años se notó un incremento notable de las profundidades en las áreas donde funcionan los pozos de extracción de Obras Sanitarias Municipales, con valores de entre 10 m. y 12 m.

Este ambiente poroso clástico está formado por los denominados "sedimentos pampeanos y postpampeanos".

Los Sedimentos pampeanos se caracterizan por estar constituidos por un conglomerado integrado por clastos de 3 o 4 cm hasta bloques de 30 a 50 cm de diámetro en la parte proximal de las sierras, disminuyendo el tamaño hacia la zona distal y constituidos por rocas típicas de las sierras. La matriz es generalmente limosa con fracciones subordinadas de arena y arcilla aunque en parte, especialmente cerca de las sierras, puede ser una arenisca limo-arcillosa con proporciones variables de carbonato de calcio.

Consecuentemente, se definen como Sedimentos Postpampeanos a los sedimentos fluviales y lacustres donde predominan los fracciones arcilla y limo. Es común encontrarlos en los arroyos y lagunas de la zona, poseyendo, por lo general escaso espesor y poca extensión areal. (Fidalgo, De Francesco y R. Pascual)

La pendiente promedio de esta área varía entre 2,5 y 5,5 m./km. (Salas et. al. 1981)

## Clima.

Dada la importancia del clima en el proceso de recarga natural del acuífero, se enumeran a continuación las características principales del mismo.

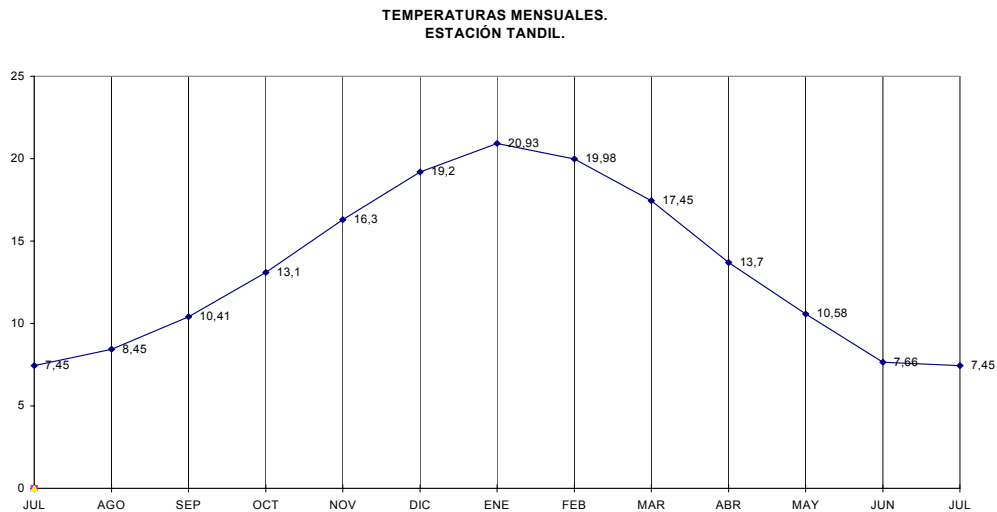
Regionalmente el clima (Thornthwaite) posee características de húmedo-subhúmedo, mesotermal con poca o ninguna deficiencia de agua.

## Precipitaciones.

El promedio anual de precipitaciones de 865 mm (Servicio Meteorológico Nacional, Estación Tandil) considerando el período 1986-1995. Los meses con mayor pluviosidad son: julio, noviembre, enero, marzo y mayo. Los meses con mínima pluviosidad son: agosto, diciembre, febrero, abril y junio. A pesar de existir una condición de concentración estival de lluvias, esto no indica que el verano sea una estación húmeda. La evapotranspiración potencial anual calculada, promedio, es de 743 mm. (Thornthwaite)

## Temperatura.

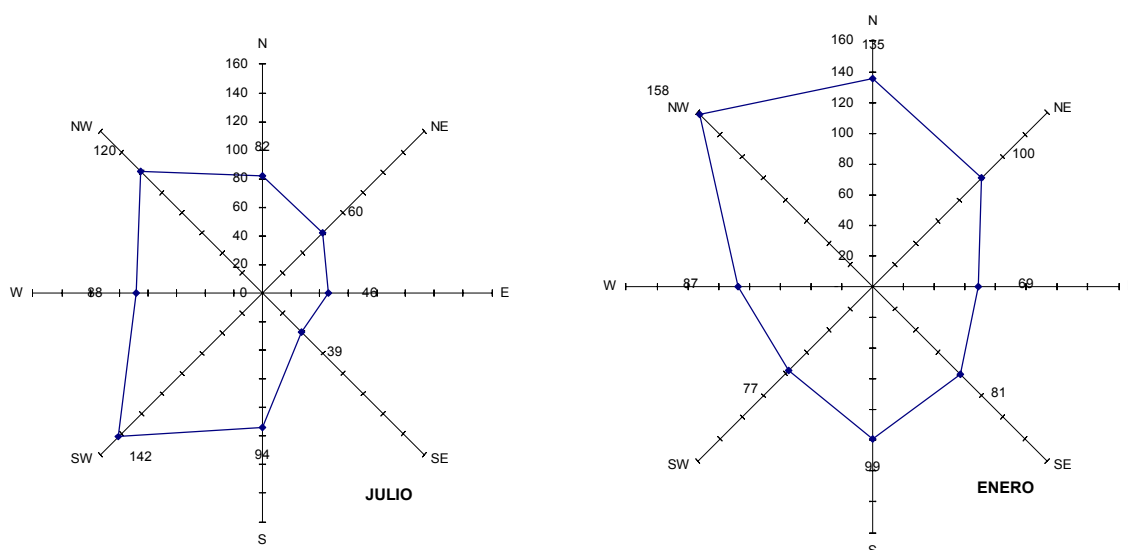
Si observamos una distribución de la temperatura promedio mensual a lo largo del año vemos que presenta una distribución de tipo normal. Siendo los meses más cálidos: diciembre, enero y febrero y los más fríos junio, julio y agosto. Las temperaturas máximas absolutas oscilan entre 37° y 39° C. y las mínimas absolutas entre -6° y -7° C.



## Vientos, frecuencia, intensidad, estacionalidad.

#### FRECUENCIA Y DIRECCION DE LOS VIENTOS.

Escala de 1000



Las sierras de Tandil se encuentran orientadas en dirección NW-SE, en forma perpendicular a la circulación atmosférica regional dominante cuya dirección es NE-SW. Los vientos predominantes durante el invierno provienen del sector SW-W y durante el verano aumenta la frecuencia de los vientos provenientes de los cuadrantes NE, N y NW.

#### DESARROLLO Y RESULTADOS.

A los fines del presente estudio se dividió la zona de estudio en tres áreas:

**Area de Sierras:** ocupa un 20% de la cuenca de captación. Geológicamente pertenecen al Sistema de Tandilia, un elemento estructural positivo que representa un típico sistema de montañas de bloques, separados y alineados por fallas. Este estilo tectónico se podría definir como de Horts y Grabens. Estas fallas son producto de la reactivación que se produjo en la región como respuesta a los movimientos orogénicos terciarios que dieron como resultado la formación de los Andes. Este basamento cristalino es considerado como base impermeable del acuífero considerado y está conformado por una composición variada de rocas, que van desde los granitos típicos, granodioritas, tonalitas, gneisses, migmatitas y rocas filonianas (ácidas: microgranitos, pegmatitas y aplitas; básicas: lamprófidos y diabasas). Los aspectos estructurales del área de estudio se reducen a fallas, planos de diaclasas, planos de esquistosidad y zonas de brechación. (Teruggi-Kilmurray) La pendiente general de esta área es del orden promedio de los 72 m./km. (Salas J.M. et al. 1981)

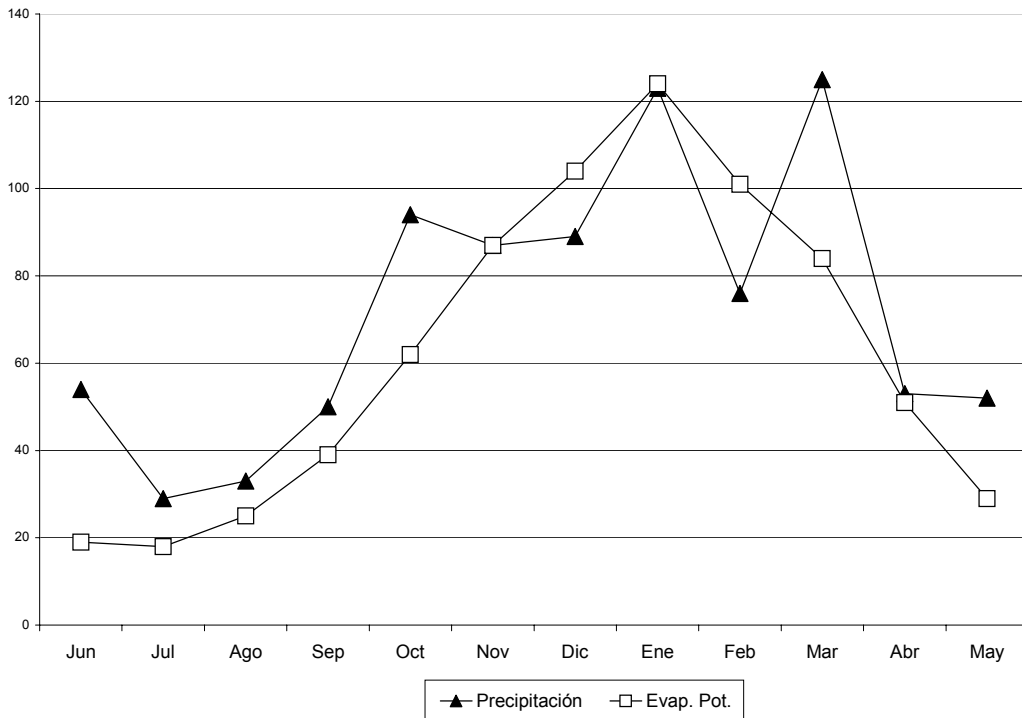
**Area urbanizada:** Ocupa un 19% de la cuenca estudiada. Se consideran como tales los sectores construidos, que traen aparejados la impermeabilización de extensas superficies, impidiendo la infiltración y recarga del acuífero del cual se extrae el agua de consumo humano e industrial. Se consideró un 60% de superficie impermeabilizada, (viviendas, pavimento, aceras, etc) y el 40% restante (plazas, patios, baldíos, etc.) como superficie de infiltración normal. Aquí las pendientes promedio varían entre el 1% y el 5 %.

**Area de baja pendiente no urbanizada:** Constituye el 61% de la cuenca. Se incluyen aquí las áreas pedemontanas y las alejadas de los frentes serranos de baja pendiente no ocupados por urbanizaciones. Es en este sector donde se ubica la batería de pozos de extracción de Obras Sanitarias Municipales. Los sedimentos de edad cuaternaria que forman el subsuelo de esta área son denominados genéricamente "sedimentos pampeanos y postpampeanos".

Los sedimentos descriptos constituyen el medio clástico poroso que forma el acuífero. En él se produce la acumulación del agua infiltrada producto de las precipitaciones dentro de la cuenca delimitada a los fines del presente estudio. Está principalmente constituido por paisajes ondulados con altitudes comprendidas entre los 200 y 300 m en sus contactos con las sierras y alturas del orden de los 130-170 m en el contacto con las áreas de relieve más plano. Existe una predominancia de pendientes comprendidas entre el 1% y 5 %. Esta zona presenta una alta variabilidad edáfica y es frecuente la presencia de tosca a profundidades diferentes y muy cambiantes en el espacio.



**DIAGRAMA DE CURVAS Pp. - Evpt.**



**Disponibilidad del recurso.**

Toda la recarga que se produce en el área de extracción (Cuenca Alta del A° Langueyú) es autóctona. Para el cálculo de la recarga natural al acuífero se consideró el sector de cuenca afectado por la explotación del recurso, incluyendo en esta un sector aguas abajo de los pozos de extracción más alejados. Dentro de este sector se determinaron tres clases de áreas: a) Las áreas de sierras; b) Las áreas urbanizadas y c) las áreas de baja pendiente no urbanizadas. La superficie estimada de la cuenca considerada es de 97 km<sup>2</sup>. De estos, 20,49 km<sup>2</sup> corresponden al área de sierras; 17,97 km<sup>2</sup> al área urbanizada y 58,54 km<sup>2</sup> a sectores de baja pendiente no urbanizados.

A cada una de las áreas se le asignó un coeficiente de infiltración en base a sus características hidrológicas. (permeabilidad, pendiente, grado de cobertura, etc.) (Ven Te Chou, Maidment, D. R., Mays L. W.)

De acuerdo a los datos hidroclimatológicos históricos se obtiene una precipitación promedio de 865 mm. anuales y según el balance hídrico, un exceso hídrico de 122 mm. anuales. Con estos valores ponderados según las superficies de cada área se obtuvo un valor aproximado de recarga al acuífero de 11 millones de m<sup>3</sup> anuales, como se muestra en el cuadro siguiente:

	Sup m <sup>2</sup>	Pp. considerada	Factor de infiltración	Volumen infiltrado m <sup>3</sup>
<b>Area de sierras</b>	20493802,5	0.865	0,225	3.988.606,31
<b>Area urbanizada</b>	17979427,1	0.122*	0,4	877.396,04
<b>Area de baja pendiente no urbanizada</b>	58540378,2	0.122*	0,88	6.284.895,00

\*se consideran solo los excesos según balance hídrico.

En el área de sierras se consideró prácticamente nula la evapotranspiración dada su escasa cobertura vegetal. En las restantes áreas se consideró solamente el exceso hídrico dada la mayor cobertura vegetal y la gran forestación urbana.

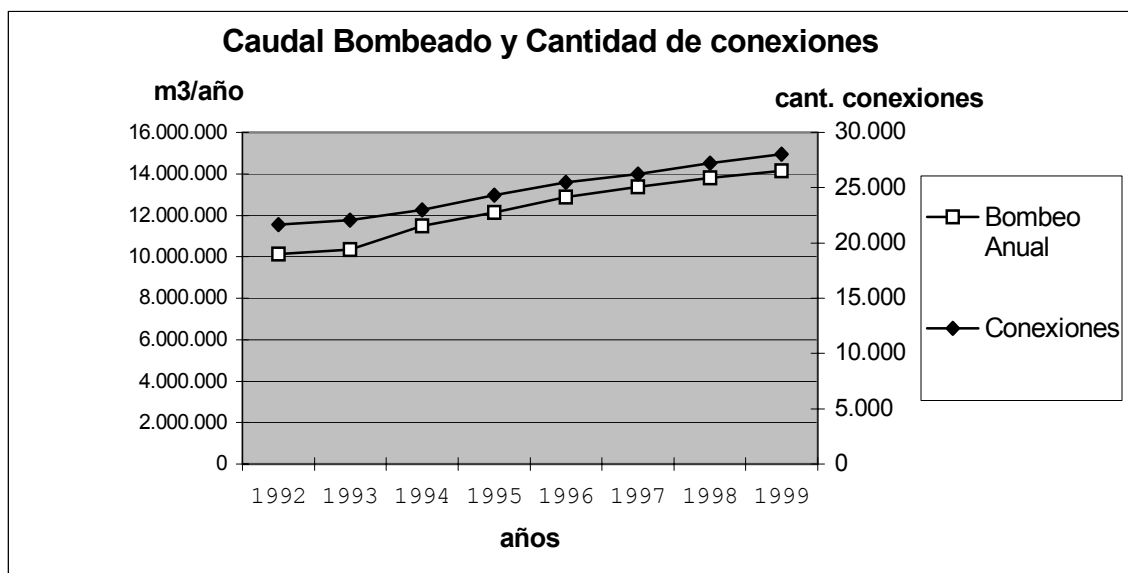
### Manejo actual del recurso.

La batería de pozos de extracción de agua subterránea para consumo, 38 en total, se ubican aguas abajo de la ciudad en dirección nor-noreste, distribuidos en un área aproximada de 10 km<sup>2</sup>. (ver figura 2). El bombeo a la red en el año 1999 fue de 14.139.390 m<sup>3</sup> que indica un incremento del consumo del 39% con respecto al año 1992, con un bombeo de 10.145.825 m<sup>3</sup>. La cantidad de conexiones aumentó, en el mismo período, un 29 %. El porcentaje de población actualmente no servida es del 14%. Los niveles freáticos en la zona de extracción, medidos en pozos particulares, ha descendido un promedio de 8 m. en los últimos diez años. Existen antecedentes de depresiones mayores, en períodos más cortos, en las cercanías de pozos puestos en producción en los últimos años. El rendimiento de algunos pozos de extracción, en base a los datos provistos por Obras Sanitarias Municipales, indican un notorio descenso considerando la ecuación metro cúbico extraído/depresión en metros (nivel dinámico menos nivel estático).

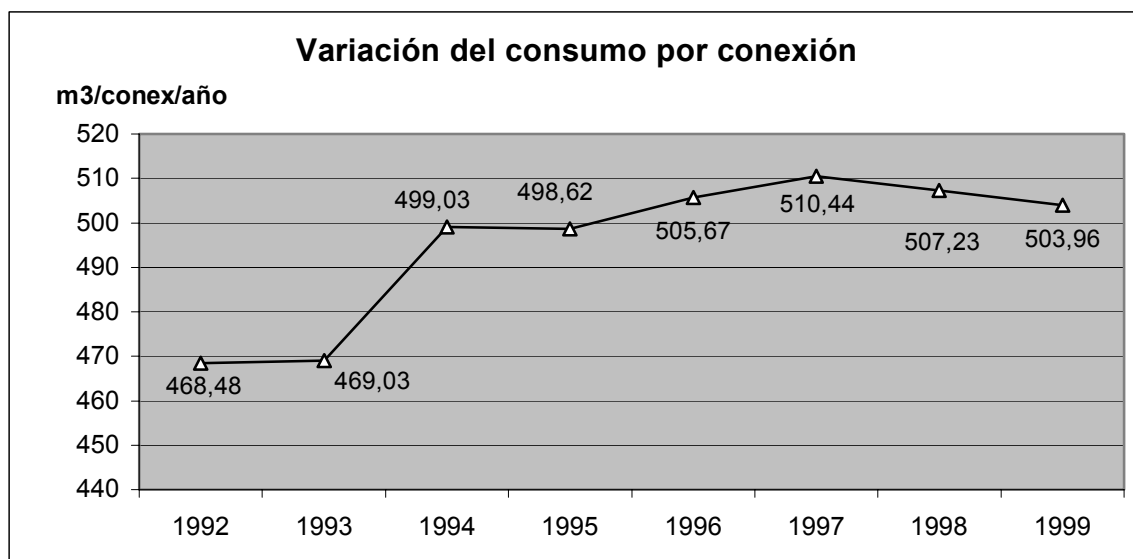
Los datos del siguiente cuadro fueron suministrados por Obras Sanitarias Municipales, y reflejan el bombeo anual a la red en m<sup>3</sup> y el promedio de conexiones habilitadas, calculándose los m<sup>3</sup> suministrados por año a cada conexión.

AÑO	Bombeo Anual	Conexiones	m3/conex
1992	10145825	21657,08	468,48
1993	10347390	22061,17	469,03
1994	11481740	23008,00	499,03
1995	12137805	24342,83	498,62
1996	12878980	25469,25	505,67
1997	13385835	26224,08	510,44
1998	13818114	27242,33	507,23
1999	14139390	28056,75	503,96

El siguiente cuadro muestra la tendencia creciente tanto en caudal bombeado a la red por año, como el incremento creciente en la cantidad de conexiones servidas.



En el cuadro siguiente se muestra la variación anual de la cantidad de agua en m<sup>3</sup> suministrada por conexión. Puede verse la tendencia general creciente, con un pico de consumo por conexión en el año 1997, con un leve decrecimiento en los años 1998 y 1999.



### RESULTADOS OBTENIDOS.

De los cálculos realizados se obtiene que actualmente, se bombean a la red unos 14 millones de metros cúbicos de agua anuales. La recarga por la precipitación anual (11 millones de metros cúbicos) no alcanza a cubrir la extracción, produciendo un déficit que se irá incrementando en el tiempo de no tomarse las medidas necesarias.

### CONCLUSIONES.

El análisis de todas las variables enunciadas permite las siguientes conclusiones:

- a. De acuerdo a los cálculos realizados se detecta un déficit en la recarga del acuífero explotado, en las condiciones actuales, de aproximadamente 3.000.000 m<sup>3</sup>/año.
- b. De mantenerse los actuales índices de incremento en el consumo de agua, en diez años las necesidades de bombeo a la red superarían los 21.000.000 m<sup>3</sup>/año, esto significa un 50 % más que en la actualidad.
- c. Los descensos en los rendimientos de algunos de los pozos de extracción corroboran lo indicado en el punto a.
- d. La depresión observada en los niveles freáticos estáticos, en áreas circundantes a los pozos de extracción, corrobora lo afirmado en el punto a.
- e. El crecimiento urbanístico de los últimos diez años indica un avance hacia el nor-noreste, con el consiguiente aumento de las áreas impermeabilizadas hacia las áreas de mayor capacidad de recarga y de concentración de pozos de extracción.
- f. El 80 % de las viviendas ubicadas en áreas de extracción no posee ni servicio de agua corriente ni cloacas y extraen el agua de consumo de pozos propios. Esto significa un aumento del riesgo de contaminación de napas y un incremento en el caudal extraído del acuífero (no cuantificado en el presente trabajo).
- g. No es posible contar con el caudal del A° Languayú para equilibrar el déficit de recarga detectado, dado que éste recibe las aguas de alcantarillado, la planta municipal de tratamiento cloacal, y más de 15 industrias de riesgo como curtiembres, industrias lácteas, metalúrgicas, lavaderos de vehículos, talleres, etc.



## **RECOMENDACIONES.**

- a) Realizar estudios hidrogeológicos sobre el comportamiento del acuífero contribuirían a obtener datos como transmisividad y almacenamiento que permitan diagramar las nuevas baterías de perforaciones para provisión futura del servicio, de manera óptima, detectando nuevas áreas de reserva.
- b) Realizar análisis físico-químicos sistemáticos que permitan evaluar los cambios en la calidad del agua de red a lo largo del tiempo y relacionarla con su obtención de profundidades cada vez mayores.
- c) Construir una red freaticométrica en pozos de observación de las zonas de extracción que permitan un seguimiento de las variaciones de los niveles freáticos en tiempo y espacio.
- d) Discernir el consumo humano del industrial, acotando las estadísticas de Obras Sanitarias Municipales.
- e) Ajustar los datos de consumo contra los de bombeo, se manera tal que se puedan detectar pérdidas del sistema mediante balances de entrada y salida.

## **BIBLIOGRAFÍA**

FIDALGO, F. y F.O. DE FRANCESCO y R. PASCUAL; 1975. Geología Superficial de la Llanura Bonaerense. En "VI Congreso Geológico Argentino". Relatorio: Geología de la Provincia de Bs. Aires.

SALAS, J.M. ROJO A., Martín E., Ulibarrena j.; 1981. Investigaciones Geohidrológicas de la Cuenca de Tandil y su zona de Influencia.

Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas.

Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Pluviométricas.

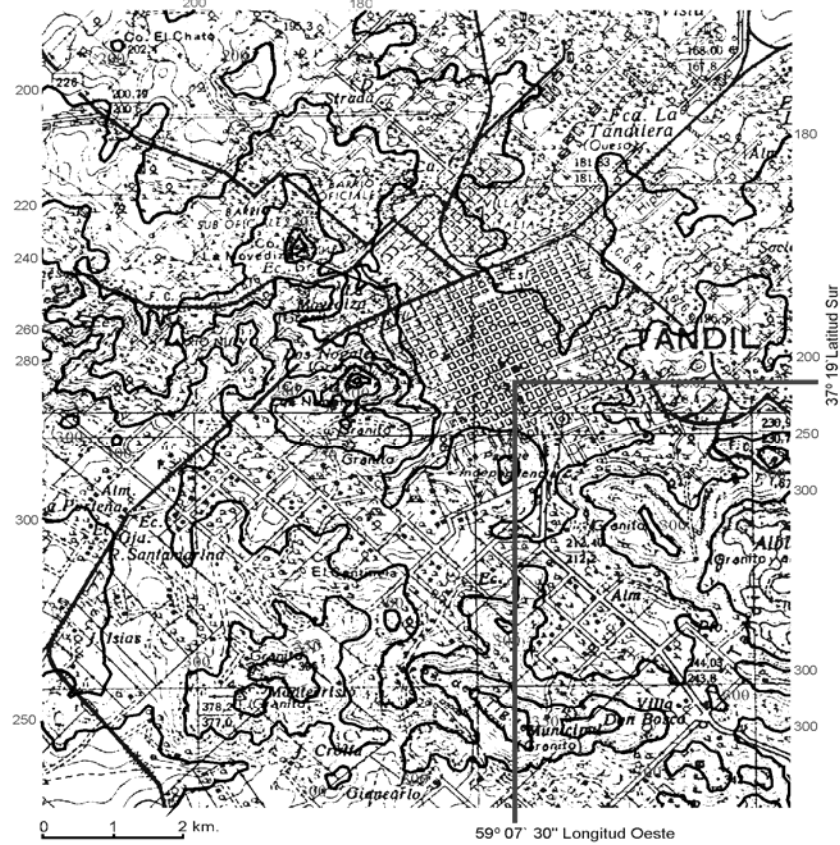
TERUGGI, M. y KILMURRAY, J.O.; 1975. Tandilia. En "VI Congreso Geológico Argentino". Relatorio: Geología de la Provincia de Bs.Aires.

VEN TE CHOU, Maidment, D. R., MAYS L. W. ; 1990. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill.

Agradecimientos: a las autoridades de Obras Sanitarias de la Municipalidad de Tandil por el aporte de los datos históricos utilizados en el presente trabajo.

ANEXO

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Cartas Topográficas: Tandil - Hoja 3760-23 (equidistancia 5 metros) y Sierra del Tandil - Hoja 3760-29 (equidistancia 10 metros)

SITUACIÓN RELATIVA

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

REPÚBLICA ARGENTINA

AMÉRICA DEL SUR



FIGURA N° 1

FIGURA 2

# MAPA ESQUEMATICO DEL AREA DE ESTUDIO

