



PROYECTO: DIAGNÓSTICO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN EL PARTIDO DE TANDIL. PAUTAS PARA SU GESTIÓN SUSTENTABLE

Director: *Dr. Ruiz de Galarreta, Víctor Alejandro*

Codirectora: *Ing. Qca. Banda Noriega, Roxana Bettina*

Integrantes: *Mag. Guerrero, Elsa Marcela; Dra. Jacinto, Guillermina Paula; Dra. Coria, Dora Luján. Becarios: Lic. Rodríguez, Corina Iris; Lic. Barranquero, Rosario Soledad; Lic. Miguel, Roberto Esteban; Lic. Díaz, Adriana Alejandra.*

1. Objetivos

El objetivo fue la realización de un estudio regional, para caracterizar el recurso hídrico del partido de Tandil, en sectores del ámbito urbano y rural, considerando los aspectos hidrodinámico, fisicoquímico y microbiológico del sistema. Asimismo, se consideraron las actividades y las cargas contaminantes impactantes. Con una mirada integradora, se elaboraron indicadores hídricos, tendientes a optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico para su utilización racional (explotación, potabilización y saneamiento) y su manejo sustentable (preservación y uso eficiente del recurso natural), con el propósito de promover la equidad social.

De acuerdo con las temáticas de trabajo se efectuaron, a diferentes escalas, las siguientes tareas:

- 1) *Caracterización del recurso hídrico en el partido de Tandil, de acuerdo a la geología y el análisis hidrológico.*
- 2) *Análisis del recurso hídrico y su gestión en la cuenca del arroyo Langueyú.*
- 3) *Identificación de actividades y cargas contaminantes, a efectos evaluar el riesgo de contaminación hídrica, resultante del cruce entre dichas cargas y la vulnerabilidad del acuífero.*
- 4) *Elaboración de indicadores para generar pautas de gestión sustentable de los recursos hídricos.*

2. Metodología de la investigación

El trabajo se sustentó en el análisis de fuentes primarias y secundarias para llegar a un diagnóstico de situación relacionado con la evolución histórica de la apropiación, uso y gestión hídrica.



Se llevó a cabo la caracterización del medio físico en sus aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos superficiales y subterráneos, enfatizando en las propiedades de las rocas para recibir, almacenar y transmitir el agua, con el fin de tener un adecuado conocimiento de la disponibilidad del medio para el aprovechamiento de agua subterránea para consumo humano. La misma se basó en la consideración tanto de antecedentes generales como en estudios específicos que el grupo de investigación del CINEA ha venido desarrollando en la región.

Se caracterizó el movimiento del agua subterránea (hidrodinámica) a escala regional y a nivel local preliminarmente en la cuenca del arroyo Langueyú, para lo cual se efectuaron mediciones de los niveles freáticos, estableciendo una red de monitoreo trimestral de dichos niveles y toma de muestras para analizar parámetros físico-químicos. En sitios de especial interés se comenzó con el análisis de la hidrodinámica e hidroquímica a escala de mayor detalle.

Asimismo, se han tenido en cuenta las diferentes actividades humanas y las características de las cargas contaminantes por ellas generadas, así como su impacto sobre el recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo, en la cuenca.

Se ha analizado la explotación, uso y gestión de los recursos en el medio rural y urbano. En este último ámbito se han tenido en cuenta los sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición final de aguas residuales a cargo del ente municipal, Obras Sanitarias Tandil (OST). Para concretar este objetivo se utilizó tanto información secundaria brindada por archivos pertenecientes al ente, como información primaria mediante la realización de entrevistas a informantes claves del mismo y del municipio de Tandil. Este análisis facilitó la selección de sitios para su estudio detallado, en relación a los modos de uso del agua y su calidad para consumo humano.

En relación a los análisis químicos, se han considerado los elementos o sustancias más abundantes que están presentes en las aguas subterráneas, entre ellos los iones bicarbonato, cloruro, sulfato, calcio, sodio, magnesio y potasio. Se realizó el seguimiento del ión nitrato como indicador de contaminación relacionado a las actividades humanas (antrópica), debido a su incremento vinculado a la descomposición de la materia orgánica. Asimismo, en sectores



de interés, se efectuaron análisis bacteriológicos establecidos por la reglamentación vigente (Código Alimentario Argentino) para evaluar su potabilidad.

Los análisis de las muestras, basados en los métodos normalizados internacionalmente (APHA, AWWA, WPCF, 1992), fueron realizados por integrantes y becarios colaboradores, con la supervisión del Dr. Miguel Quiroga en el Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales, y de la Méd. Vet. Anahí Tabera en el Laboratorio de Microbiología de los Alimentos, de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA.

La disponibilidad de toda la información recabada durante la investigación permitió conocer preliminarmente, las fortalezas y debilidades de la gestión del recurso hídrico en la cuenca del arroyo Langueyú, considerando el manejo integrado y sostenible de la misma. A partir de ello se delinearon pautas de gestión y se elaboraron indicadores básicos para su seguimiento y control.

3. Principales resultados obtenidos

1) Caracterización del medio físico del partido de Tandil

El partido de Tandil se localiza en el sector central de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. De noroeste a sureste está atravesado por los afloramientos de naturaleza granítica mientras que por el borde suroeste del partido, asoman los estratos tabulares del paleozoico (Teruggi et. al., 1980). Estos últimos constituyen la sierra de la Tinta, donde el cerro La Juanita con una altura de 524 m representa la máxima altura de todo el sistema serrano.

Hacia el noreste el relieve del partido desciende suavemente hacia la pampa deprimida. Este sector pedemontano está cruzado por varios arroyos que se desprenden de la vertiente noreste de las sierras y escurren en dirección a la depresión del río Salado. La red de drenaje en el ambiente serrano se encuentra bien integrada y definida, con cursos controlados por la estructura de las sierras.

El relieve del área está conformado por una serie de bloques y depresiones originados por los movimientos de ascenso de las sierras (Turner, J. 1975). Dichos bloques constituyen un conjunto de sierras orientadas preferencialmente en dirección oeste - este y noreste –



suroeste (Zambrano, J. 1974). Las más importantes son las sierras Alta de Vela, del Tigre, de las Animas, Tandileofú y del Tandil.

Por encima del basamento cristalino Precámbrico, y en discordancia erosiva, se ubican los Sedimentos Pampeanos y Pospampeanos, donde se reconocen diversas formaciones (Rabassa, 1973) de abajo hacia arriba, tales como, Fm Barker (limolitas y psefitas), Fm Vela (fluvial a eólica) y Fm Las Animas (eólica). En los valles fluviales se reconoce la Fm Tandileufú. Los sedimentos pampeanos de origen loessico, de aspecto masivo, compactos con presencia de tosca en forma de muñecos o láminas, de color generalmente castaño rojizo, presentan una granulometría que se caracteriza en las vecindades del frente montañoso por la presencia de un conglomerado integrado por clastos de 3-4 cm hasta bloques de 30-50 cm y con disminución del tamaño hacia la zona distal. La matriz es limosa con fracciones subordinadas de arena y arcilla, con proporciones variables de carbonato de calcio. La edad de los sedimentos pampeanos corresponde a la edad Plioceno-Pleistoceno medio y los sedimentos Post-pampeanos al Pleistoceno superior – Reciente.

En el Partido de Tandil, se diferencian tres unidades morfológicas principales:

- La primera correspondiente al sector de serranías, se caracteriza por sierras, cerros aislados y valles, relacionados con la presencia de bloques elevados por fallas directas. En esta área se encuentran las más altas pendientes y los valles de los cursos de agua se hallan bien definidos.
- La segunda unidad y en forma continua a la primera, es reconocida como Piedemonte, se caracteriza por tener un ángulo de pendiente más suave que la anterior. Se observa la presencia de bloques de gran tamaño y conos aluviales. El drenaje presenta un diseño distributivo.
- La última unidad morfológica de llanura, es reconocida hacia el NE, por la presencia de pendientes muy suaves. Es una zona de acumulación y transporte de materiales más finos, con fuerte predominio de sedimentos de origen eólicos. El drenaje es poco definido y pobremente integrado, con cauces estrechos y cursos temporarios que en ciertos casos desaparecen en suaves depresiones.



Caracterización Hidrológica

La **caracterización climática** se efectuó con los datos de temperaturas y precipitaciones mensuales correspondientes al siglo XX, provenientes de la Estación Tandil del Servicio Meteorológico Nacional. En base a índices obtenidos del balance hídrico de Thonthwaite – Mather (1957), al clima de la ciudad de Tandil se lo tipifica como subhúmedo húmedo, mesotermal, con un déficit de agua poco significativo.

Utilizando este método se realizó el balance hídrico para el período 1900 – 2000 (Tabla 1), obteniéndose un valor medio anual de precipitación de 838 mm, una evapotranspiración real y potencial de 649 mm y 712 mm respectivamente, un déficit poco significativo de 18 mm en total en los meses de Enero, Febrero y Diciembre, y excesos hídricos de 144 mm distribuidos de Mayo a Noviembre (**Tabla 1**).

Tabla 1

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Pp (mm)	86	78	99	68	67	49	41	44	61	83	83	79	838
EVPP	124	95	83	51	29	17	18	22	33	55	78	107	712
Pp – EVPP	-38	-17	16	17	38	32	23	22	28	28	5	-28	
Pp aa	-66	-83										-28	
Almacenaje	96	85	101	118	150	150	150	150	150	150	150	124	
Dif. Almac.	-28	-11										-26	
Déficit	10	6										2	18
Excesos	---	---	---	---	6	32	23	22	28	28	5	---	144
EVTR	114	89	83	51	29	17	18	22	33	55	78	105	694

Con relación a las **aguas superficiales** en el Partido de Tandil, con una superficie de 4.836 km², se generan en el ambiente serrano diferentes cuencas de arroyos cuyos nombres de NO a SE son los siguientes: Arroyo de los Huesos (628 Km²), Arroyo Chapaleofú (1484 Km²), Arroyo Langueyú (687 Km²), Arroyo El Perdido (193 Km²), Arroyo Tandileofú (314 Km²), Arroyo Las Chilcas (461 Km²), Arroyo Napaleofú (723 Km²), y con rumbo sur la cuenca del Arroyo Quequén Chico (346 Km²). (figura 1).



El Partido de Tandil obviamente no abarca la totalidad de las cuencas señaladas arriba, sino parte de ellas. Los caudales medios anuales no superan los 2 m³/seg.

Hidrológicamente dentro del Partido se pueden diferenciar dos tipos de ambientes:

- Serrano: presenta un drenaje de tipo consecuente siguiendo la pendiente regional, integrado y bien definido con un diseño del tipo dendrítico con un marcado control estructural en cuanto al rumbo de los cursos.

Es en esta área donde aflora el Basamento Cristalino o se encuentra a escasa profundidad “tapizado” por sedimentos modernos del Cuaternario. Las rocas de composición granítica del Basamento constituyen el límite inferior del sistema acuífero freático y determinan, además, el hidroapoyo general del Sistema en el sector.

La típica topografía del ámbito serrano en cabeceras, próximas a los límites de cuenca, condiciona a los cursos de régimen transitorio y efímero determinando mayores gradientes y un rápido escurrimiento superficial con aporte de parte de sus aguas al subsuelo.

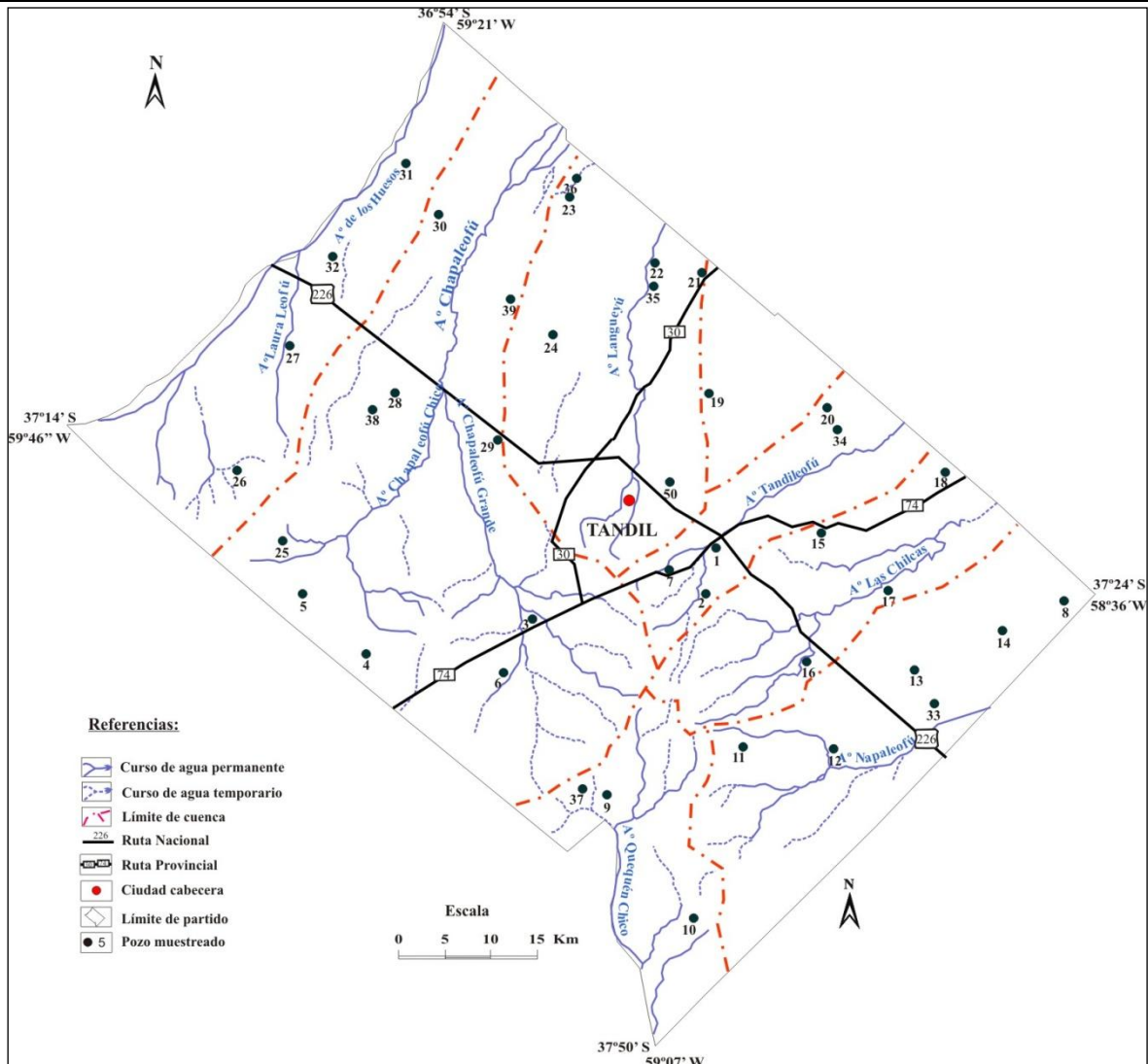


Figura 1. Cuencas hidrográficas del partido de Tandil

Agua abajo, donde el régimen de los arroyos se vuelve permanente, las características de los arroyos se traducen en la efluencia de sus aguas, siendo su caudal básico aportado por las aguas subterráneas.

Es en esta área serrana donde se produce el fenómeno de cuencas de concentración tanto superficial como subterránea con límites bien definidos.

- **Pedemontano:** caracterizado por dos sectores, el proximal y el distal. Esta área extraserrana posee pendientes menores y decrecientes hacia el NE, en donde existe dispersión de los efluentes hídricos con expresiones hidrográficas con escaso grado de integración llamativo dada la caracterización del régimen climático imperante.



En este caso las cuencas presentan divisorias poco definidas y ciertas depresiones aisladas que interrumpen la regularidad del relieve. El presentar divisorias poco marcadas podría favorecer, en ciertas zonas, los mecanismos de transferencia del flujo superficial de un área a otra de acuerdo al régimen de las precipitaciones en condiciones de excepción.

En relación a las **aguas subterráneas** se pueden diferenciar dos tipos de ambientes hidrológicos que se corresponden con las dos unidades geológicas, anteriormente descritas, que por su constitución, textura y estructura, se comportan en forma diferente respecto a la admisión y circulación del agua subterránea, determinando ambos ambientes: el primero fisurado, y el segundo poroso clástico (Ruiz de Galarreta, A. y Banda Noriega, R., 2005).

El ambiente **fisurado** se corresponde con el Basamento Cristalino y posee una permeabilidad secundaria por la fisuración. El ambiente **poroso-clástico** está constituido por los sedimentos pampeanos, su permeabilidad es primaria y el flujo es laminar.

El basamento presenta una importante fisuración por fallas y diaclasas que le confiere una porosidad y permeabilidad secundaria frente al agua subterránea. Este aspecto es considerado clave en cuanto a la muy alta vulnerabilidad de dicho recurso frente a cargas contaminantes, debido a la elevada velocidad de circulación fisural. Los caudales erogados en pozos ubicados en este tipo de rocas no superan en general $1 \text{ m}^3/\text{hora}$.

El paquete sedimentario sobrepuesto constituye un medio poroso clástico y es donde se ubica el sistema acuífero explotado para el abastecimiento humano por parte de toda la población tanto rural como urbana. Los rendimientos de los pozos situados en este medio son variables, en algunos casos mayores a los $100 \text{ m}^3/\text{hora}$.

En relación al flujo subterráneo regional, en el Partido de Tandil, se verifica un sentido de escurrimiento determinado por las características morfológicas superficiales aunque con un menor gradiente y la red de drenaje superficial como límite hidráulico.

Las profundidades de los niveles freáticos no sobrepasan los 10 m en la mayor parte del área de las cuencas, no obstante hay sectores pedemontanos con mayor espesor de la zona no saturada, donde se superan los 40 m. Los valores mínimos se ubican en los sectores bajos y a lo largo de los cauces principales.



Asimismo, el análisis hidrodinámico regional del conjunto de cuencas muestra una tendencia al movimiento del agua en sentido SO-NE, a excepción de la cuenca del arroyo Quequén Chico cuyo flujo es hacia el Sur.

La relación entre aguas superficiales y subterráneas determina en general el carácter influente del flujo subterráneo, descargando sus aguas en los arroyos de régimen perenne, siendo de carácter inverso el de los cursos efímeros en zonas de divisorias.

La recarga es regionalmente autóctona por precipitaciones, ubicándose las zonas preferenciales de recarga en las divisorias superficiales y la descarga del agua subterránea se produce en los cursos y afluentes principales perennes.

La morfología de la capa acuífera es de tipo radial, localizándose los mayores gradientes hídricos en los sectores de sierras con valores de 0.075, dándose gradientes intermedios del orden de 0.020 en los sectores de lomas distales y piedemonte, y mínimos de 0.0025 en las zonas llanas con decrecimiento paulatino hacia el área deprimida del río Salado.

La velocidad efectiva media de flujo subterráneo estimada a partir del material y ensayos puntuales (permeabilidad 5 m/día, porosidad 10 %) y de un gradiente medio (0.01), arroja un valor de 0.5 m/día. Este último valor es coherente con los aspectos hidroquímicos generales, ya que se tratan de aguas de baja salinidad y características iónicas que denotan un flujo veloz, con progresiva reducción de este vector hacia las zonas de descarga tanto local como regional. Los coeficientes de Transmisividad son variables fluctuando entre 100 m²/día y 700 m²/día.

No obstante se han verificado anomalías locales respecto al comportamiento regional, las aguas superficiales pueden aportar agua al acuífero, cambiando la relación influente/efluente, debido a cambios a lo largo del recorrido de las condiciones hidráulicas, geológico-estructurales, y/o sectores de intensa explotación del acuífero.

En relación al espesor saturado del sistema acuífero en el medio poroso clástico dentro del ámbito serrano, el mismo es muy variable en función del espesor de traslape de esta cubierta sedimentaria sobre los bloques fallados de rocas constituyentes del basamento cristalino (hidroapoyo).

En cuanto al ámbito extraserrano, considerando los perfiles litológicos de los pozos de explotación de Obras Sanitarias de la Municipalidad de Tandil en la zona de piedemonte, en



forma general se tiene un espesor del paquete sedimentario que oscila entre 55 y 90 m. Este paquete está conformando por dos unidades de diferente permeabilidad: una basal por encima del basamento cristalino que, con espesores variables, se ubica a una profundidad mayor a los 45 m, está constituido por sedimentos arenosos con niveles de gravilla; y una unidad superior compuesta esencialmente por limos con diferentes niveles interdigitados de limos arenosos, limos arcillosos, y limos con variadas concentraciones de tosca diseminada.

Sería necesario constatar el espesor y las características del sistema acuífero hacia la franja Noreste de las diferentes cuencas analizadas en los límites del Partido, donde el ámbito de llanura con incremento del espesor sedimentario se torna predominante.

De acuerdo al censo hidrométrico, la profundidad de los niveles es variable, encontrándose los mismos cercanos a superficie con valores de escasos metros tanto en zona de sierras donde el espesor sedimentario es menor, como así también en toda la zona distal del piedemonte al noreste del Partido. Las profundidades mayores se dan en los sectores de piedemonte proximal donde las mismas superan los 15 m.

El **análisis hidroquímico** antecedente (Hernández, M., y Ruiz de Galarreta, A., 1985) corroborado por los análisis en este estudio, determina que las aguas subterráneas poseen en general bajo contenido salino (menores a 1 gr/l), presentando en cabecera de las cuencas mayor concentración de bicarbonatos y sulfatos mientras que en ambientes de descarga predominan los cloruros y aumenta la concentración salina. Esta variación normal por flujo, puede verse afectada por la incorporación de contaminantes provenientes de cargas generadas por diversas actividades implantadas en superficie.

Con las muestras de agua obtenidas se procedió a la determinación de la conductividad, que en forma indirecta manifiesta el contenido de sales totales. Este parámetro suele ser mayor en aguas subterráneas respecto a las superficiales. Un aumento puntual importante en conductividad alerta sobre un posible foco contaminante.

Asimismo se efectuó el análisis químico del ión nitrato en todas las muestras de agua subterránea. Del análisis de nitratos en laboratorio, se pudo comprobar que del total (42): 28 muestras poseen un valor inferior al límite establecido (45 ppm) por el Código Alimentario Nacional para agua potable, 10 muestras se encuentran entre los valores de 45 a 100 ppm, y



las 4 muestras restantes superan los 100 ppm siendo las tres de mayor contenido la N° 28 (218 ppm), la N° 20 (194 ppm) y la N° 22 (188 ppm) (ver localizaciones en la Figura 1).

Ante esta situación y haciendo un análisis detallado del censo hidrométrico, se procedió a efectuar una nueva salida de campo a fin de obtener en los lugares conflictivos (altas concentraciones del ión) otras muestras de pozos cercanos, pero que en principio no estuvieran afectadas por una supuesta contaminación puntual antrópica. Los focos más probables (en los casos donde se detectaron altas concentraciones de nitratos), resultaron ser la cercanía de pozos ciegos a las captaciones de agua de consumo, y/o la concentración de animales como criaderos de chanchos o tambos en las inmediaciones a los pozos de extracción de agua.

Para verificar si este valor se debía a una contaminación puntual o abarcaba una superficie mayor y por lo tanto de mayor compromiso, se realizó una nueva toma de 7 muestras, que luego de analizadas en laboratorio arrojaron resultados con concentraciones de nitratos bajos, hecho que confirmó la primera hipótesis.

En síntesis, del análisis del conjunto de muestras se determinó una concentración media de nitratos de 33 ppm, exceptuando las muestras en donde se detectó contaminación puntual.

2) Análisis hidrológico de la Cuenca del Arroyo Langueyú

La cuenca del arroyo Langueyú de 687 km², cuyas nacientes se ubican en el faldeo noreste de las sierras de Tandil, es donde se asienta la ciudad y por ende la mayor concentración poblacional (**Figura 2**).

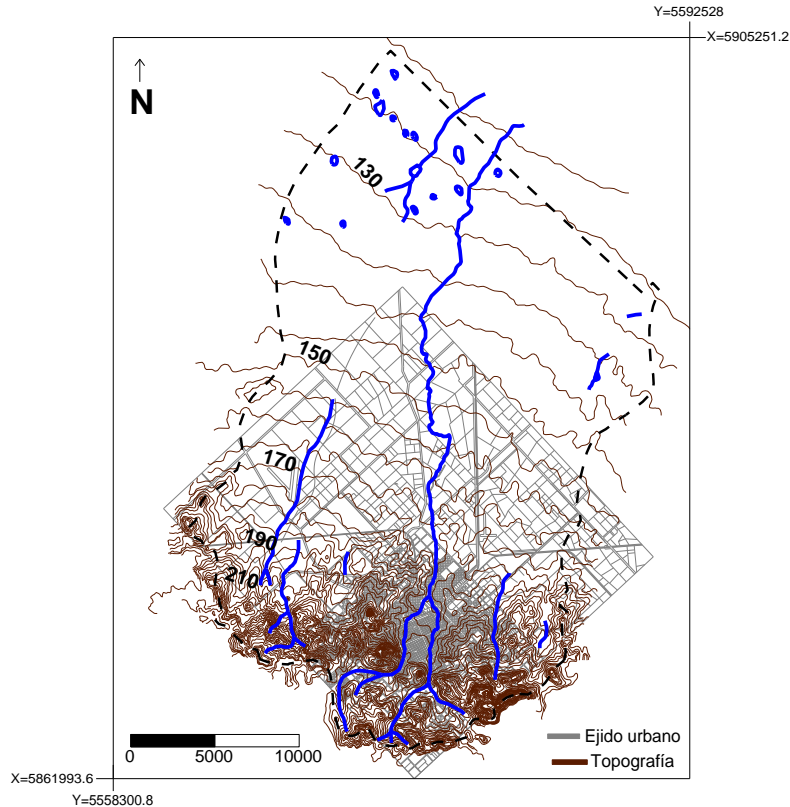


Figura 2. Cuenca del arroyo Langueyú y ejido urbano

Para la caracterización hidrodinámica e hidroquímica, se efectuaron salidas de campo a fin de obtener las profundidades de niveles piezométricos y muestras de agua para su posterior análisis químico durante el período diciembre 2006 – marzo 2007. Se muestrearon más de 50 perforaciones distribuidas en forma aproximadamente uniforme. A partir de estos datos se confeccionaron diferentes mapas: isoprofundidad, equipotencial e isoconductividad, entre otros. Posteriormente se seleccionaron 30 perforaciones y se continuó con la medición de niveles y toma de muestras en forma trimestral.

El flujo subterráneo regional muestra un sentido de escurrimiento hacia el noreste, en concordancia con las características morfológicas superficiales, aunque con un menor gradiente (Figura 3) (Ruiz de Galarreta, et al., 2007). En el sector sur de la cuenca dentro del sector serrano se visualiza la concentración del escurrimiento siendo influentes las aguas subterráneas en relación a los cursos superficiales como el arroyo Blanco y del Fuerte. En la zona extraserrana se observa una leve dispersión del flujo freático siguiendo la morfología en abanico con tendencia a plana. El curso del arroyo Langueyú no recibe aportes laterales y su



relación con las aguas subterráneas es de escasa magnitud dependiendo de los desequilibrios tanto naturales como artificiales que se presenten en su recorrido.

La recarga es regionalmente autóctona por precipitaciones, ubicándose las zonas preferenciales de recarga en las zonas más altas (divergencia de filetes de flujo) y la descarga del agua subterránea se produce en los cursos y afluentes principales del arroyo Langueyú de carácter perenne (convergencia de filetes flujo).

La morfología de la superficie freática es de tipo radial con tendencia a plana hacia el N-NE, localizándose los mayores gradientes hídricos del orden de 0.02 en los sectores de sierras, con decrecimiento paulatino en sentido del flujo con valores inferiores a 0.002 en las zonas llanas hacia la zona deprimida del río Salado.

Según la estimación de velocidad media de flujo antes realizada (0,5 m/d), y teniendo en cuenta que en la zona sur estas velocidades serán mayores y decrecerán en la medida en que disminuyan los gradientes hidráulicos (Figura 3), puede pensarse en aguas con relativamente bajo contenido salino en la zona sur en cuanto a que son aguas de reciente infiltración y poco tiempo de contacto con el medio poroso. En la medida en que las aguas subterráneas discurren hacia el norte irán aumentando su salinidad, aunque el límite impuesto en el extremo norte del área de estudio, limita las trayectorias de flujo a un máximo de 30 km aproximadamente, lo cual hace que no se alcancen salinidades importantes. No obstante, debe recordarse que en la zona sur se halla asentada la ciudad de Tandil, lo cual produce modificaciones al flujo y aportes de sales adicionales a los tenores naturales.

Esta variación en la salinidad se puede apreciar en el mapa de isoconductividades (Figura 4), donde los valores entre 700 y 800 $\mu\text{mho/cm}$ ubicados en la mayor parte de la zona serrana y pedemontanan se incrementan hacia la parte distal en la zona norte superando los 1000 $\mu\text{mho/cm}$. En las figuras 3 y 4 se refleja el contenido salino debido fundamentalmente, a procesos asociados al flujo del agua en el medio subterráneo y no a acciones externas, por lo que se han eliminado algunos pozos ubicados en la zona urbana y periurbana con claros signos de efectos antrópicos.

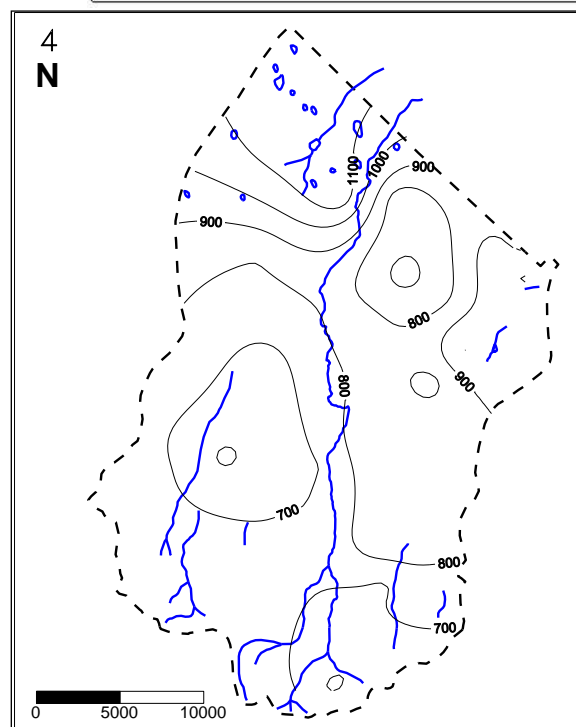
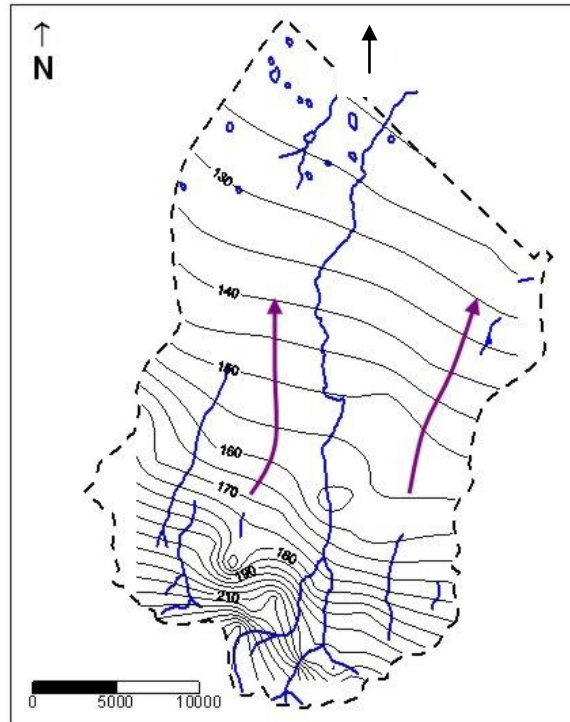


Figura 3 Mapa equipotencial Marzo 2007

Figura 4. Mapa isoconductividad Marzo 2007



3) Caracterización de cargas contaminantes

Como parte de las actividades de gestión orientadas a la prevención, reducción y control de la contaminación, se diseñó y estableció un procedimiento de trabajo, orientado a la caracterización y evaluación de las cargas contaminantes generadas por las principales fuentes de contaminación a las aguas terrestres, con el objeto de diagnosticar el estado actual de la problemática local, en aquellas zonas que constituyen objetivos de interés ambiental, atendiendo a sus características socioeconómicas y ambientales.

Además de proporcionar una idea general del estado actual de la problemática local, la realización de esta caracterización resulta de suma importancia, ya que permite disponer de una valiosa herramienta de trabajo, a través de la cual es posible identificar y establecer prioridades de gestión, en el marco del proceso de elaboración de los programas de manejo ambiental integral, incluyendo la posibilidad de evaluar de forma sistemática, las tendencias que se manifiestan en la calidad del medio, como resultado de la aplicación de un conjunto de alternativas de solución dirigidas a mitigar los efectos causados por el vertido de diferentes cargas contaminantes.

Se efectuó para este fin la caracterización regional de las cargas potencialmente contaminantes en el ámbito rural, esencialmente de origen agropecuario, y las puntuales o multipuntuales generadas por las actividades desarrolladas en el sector urbano e industrial.

Cargas provenientes de la actividad agropecuaria

Esta región presenta establecimientos agropecuarios de diversos tamaños, los cuales producen en forma extensiva y condiciones de secano, cultivos de cosecha anual como maíz, trigo, soja, sorgo granífero, girasol, lino, etc. En los últimos años, muchos de estos cultivos han sido reemplazados por soja, dado el aumento de la demanda y el precio en el mercado internacional, y las ventajas del cultivo en cuanto a exigencias de cuidado y condiciones climáticas menores.

Por otra parte la actividad ganadera está extendida en la región pampeana en general, sobre todo con ganado vacuno, favorecida por las condiciones ecológicas de la región que permiten



que se desarrolle la actividad sin grandes provisiones forrajeras y sin demasiadas instalaciones de protección contra el frío (Zulaica, 2005).

Como en el caso de toda la región centro-sudeste bonaerense, también a nivel del Partido de Tandil, las actividades primarias (agricultura y ganadería principalmente) ejercen un predominio en superficie utilizada respecto a las actividades secundarias y terciarias.

Del total de hectáreas cubiertas en el partido de Tandil por establecimientos agropecuarios, prácticamente el 40 % son de cultivos (principalmente trigo, maíz, girasol y soja), mientras que por forrajeras alcanza un 24.7 %. El 35.3 % restante se reparte entre las categorías: “bosques y/o montes”, “cultivos sin discriminar” y “otros usos” (pastizales, caminos, viviendas, etc.). Cabe destacar además que en 113.819 ha de cultivos se utiliza la práctica de siembra directa (64.8 % del área total cubierta por cultivos), principalmente en los cultivos de trigo (43 849 ha), girasol (8 215 ha) y soja de primera y segunda (41 503 ha).

Si se analiza específicamente la superficie implantada en el partido de Tandil el 36.3 % de la misma corresponde a forrajeras y un 62.7 % a cultivos de trigo, maíz, girasol y soja. La mayor parte corresponde al trigo (45.3 %), seguido por la soja (28.5 %). También dentro del partido existen actividades como el cultivo de papa, la horticultura y los frutales que se desarrollan en superficies más pequeñas.

Algunas prácticas de uso del suelo dentro de la actividad agropecuaria, son capaces de causar una contaminación difusa de las aguas subterráneas a raíz de diversos nutrientes y/o plaguicidas aplicados que constituyen cargas contaminantes de impacto areal. Asimismo dentro de la actividad ganadera la modalidad *feet lot* realiza un aporte orgánico de carga puntual. En este caso se analiza el uso de plaguicidas dentro de la práctica agrícola.

En tal sentido es importante considerar que en la superficie ocupada por pasturas la presión sobre el sistema vegetación - suelo - agua, es menor que en el caso de la agricultura. Es menester tener en cuenta que en las pasturas se realiza una aplicación de plaguicidas por año, mientras que en los cultivos, más aún los efectuados bajo siembra directa, se realizan unas 3 o 4 aplicaciones anuales.

En particular, la cuenca del arroyo Langueyú, puede considerarse como predominantemente agrícola. De la superficie total de la cuenca (69.457 ha) el 79.3 % (55.079,4 ha) es utilizada mayormente para la agricultura. La actividad ganadera cubre un total de 9.985,5 ha. Un total



de 4.392,2 ha (6.3 %) están destinados a otros usos, principalmente por la presencia del basamento cristalino aflorante o a escasa profundidad, que genera un desarrollo muy pobre de los suelos. En el área de estudio el doble cultivo es una práctica extendida pero de difícil aplicación en algunos casos.

Una evaluación preliminar del uso de plaguicidas puede resumirse al análisis de los herbicidas, ya que éstos representan un 70 % del volumen total de agroquímicos usados por los productores del partido de Tandil (Neira, F. 2004). Los herbicidas son la principal clase de pesticidas potencialmente contaminantes, ya que se aplican con mayor frecuencia en el suelo y tienen por lo general capacidad de transporte alta. Los insecticidas, aunque en menor proporción, es usual su aplicación conjunta con los herbicidas en forma de mezcla.

En el partido se aplica la mayor cantidad de plaguicidas en el cultivo de girasol (4.53 kg/ha), siendo los herbicidas más aplicados acetoclor, metolacloro y trifluralina y los insecticidas de mayor uso monocrotofos o cipermetrina. En el cultivo de soja se emplean 3.59 kg/ha, principalmente el herbicida glifosato y el insecticida metamidofos que son los que se usan en mayor proporción. A la siembra de maíz en general se destina aproximadamente 3.5 kg/ha correspondientes en su mayoría a los herbicidas atrazina y acetoclor y a los insecticidas deltametrina y lambdacialotrina. El trigo es el que requiere la aplicación de menor cantidad de plaguicidas (2.32 kg/ha), aunque se debe considerar que este es el cultivo que ocupa mayor cantidad de hectáreas en el partido. Los herbicidas mayormente utilizados son 2.4 D y metribuzin, mientras que la de insecticidas se resume a un único compuesto que es cipermetrina.

Los plaguicidas mencionados poseen fugacidades que indican que la mayor probabilidad de reparto de las moléculas es en el suelo. Si bien para algunos de ellos la persistencia en este compartimento es ligera, se considera que los suelos del área de estudio, con un solum en gran parte superior a un metro, tienen características que les permiten retener fuertemente estas sustancias.

De acuerdo con el diagnóstico hidrogeológico preliminar del partido de Tandil (Banda Noriega, et al, 2004), no se registró la presencia de plaguicidas en agua. No obstante, se deberían monitorear particularmente los plaguicidas 2.4 D, acetoclor, metolacloro y



metamidofos que son muy utilizados y que presentan un valor alto de lixiviabilidad, indicador de la movilidad y persistencia de un compuesto.

Cargas Contaminantes de origen Industrial

Las primeras industrias en Tandil datan de finales del siglo XIX y principios del XX; existían ya en esa época 21 industrias en la rama metal-mecánica, 20 alimenticias, 15 madereras, 12 de productos no metálicos, 10 textiles, 2 de ceras y aceites y una imprenta-papel (Zulaica, 2005). Actualmente, Tandil cuenta con un Parque Industrial localizado en el NO de la ciudad en la intersección de la Ruta Nacional 226 y la Ruta Provincial 30 (Figura 5). Se está efectuando paulatinamente el traslado de industrias ubicadas en zonas urbanas a predios del PIT y del Área industrial (ubicada en las inmediaciones del parque, en dirección norte luego de la ruta 226). No obstante industrias significativas por sus tamaños y producciones siguen funcionando en zonas urbanas.

La **tabla 2** resume la actividad industrial en Tandil a partir de la base de datos del Municipio de Tandil de las industrias radicadas en la ciudad (2004).

Tabla 2

RUBROS	Total de industrias	% del Total Industrias	Industrias Categorizadas*	% de Industrias Categorizadas
Ciiu 31 Productos alimenticios, bebidas y tabaco	226	38,4	42	26,92
Ciiu 32 Textiles, prendas de vestir e industrias del cuero	29	4,88	4	2,56
Ciiu 33 Industrias de la madera y productos de la madera, incluido muebles	39	6,56	9	5,77
Ciiu 34 Fabricación de papel y productos de papel, imprentas y editoriales	20	3,36	5	3,2
Ciiu 35 Sustancias químicas y de productos derivados del petróleo, carbón y caucho	19	3,2	9	5,77
Ciiu 36 Productos minerales no metálicos	51	8,58	8	5,13
Ciiu 37 Industrias metálicas básicas	52	8,75	22	14,1
Ciiu 38 Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo (Ejemplo: Fundiciones)	158	26,6	57	36,53
TOTAL	594	100	156	26

* De acuerdo a la Ley de Radicación Industrial 11459 de la provincia de Buenos Aires.

Como se manifiesta en la tabla, los rubros alimenticios y fabricación de productos metálicos conforman la mayor parte de las industrias.



De acuerdo a estudios antecedentes de este grupo de trabajo, se evaluaron las cargas originadas en el PIT. Los rubros existentes son: metal básica y fabricación de productos metálicos; alimenticias; química y petroquímica; construcciones y cerámicos; maderas. Los parámetros evaluados de los efluentes líquidos industriales dependiendo de cada rubro en particular fueron: DBO₅, Aceites, Fenoles, Sulfuros, Cianuros, Zinc, Cromo. El riesgo de contaminación al acuífero subterráneo, se determinó en forma predominante un nivel *elevado* y en menor medida *moderado* en relación a los parámetros evaluados y a la vulnerabilidad de los diferentes sectores (Ruiz de Galarreta et al, 2004).

Industrias de fundición

En particular la industria de fundición en Tandil ha sido y es uno de los ejes productivos de crecimiento de la ciudad.

Dentro de las industrias categorizadas, los rubros con CUII 37 y 38 incluyen industrias de fundición de metales, principalmente hierro y acero, en menor medida aluminio, cobre y bronce. Estas fundiciones representan aproximadamente el 60 % de ambos CUII. En su mayoría (70%) realizan fundición de hierro gris y acero.

Las arenas de moldeo y noyería representan del 66 al 88% del total de residuos generados por las fundiciones (CEPIS, 1997). Estos residuos se disponen en forma no controlada en cavas de canteras y ladrilleras.

En base a la base de datos aportada por el Municipio, APyMET (Asociación de Pequeña y Mediana Empresa de Tandil) y CET (Cámara Empresaria de Tandil); se ha estimado una generación mensual de arenas de fundición entre 2500 y 3000 toneladas.

Las arenas utilizadas en las fundiciones están constituidas por arenas silíceas y una serie de insumos utilizados para la elaboración de moldes y machos dentro de los cuales podemos diferenciar algunos tipos principales: Aglomerantes (resinas y catalizadores); Arenas Prerrevestidas; Pinturas; Pastinas; Endurecedores; Desmoldantes; Elastizantes en tierras de moldeo. Los aglomerantes y aglutinantes son los insumos que se incorporan en mayor proporción a la arena silícea. Los más utilizados son los sistemas de aglomerantes físicos y elaborados por una mezcla de bentonita y carbón mineral. Este sistema se lo denomina comúnmente como se arena verde. Por otro lado, existen aglomerantes químicos en una



amplia gama, no obstante los más utilizados son los sistemas fenol formaldehído, alquídico uretano, fenólico uretano.

Cuando las arenas de moldeo no satisfacen las características técnicas del proceso productivo en cuestión, son descartadas convirtiéndose en residuos de arenas de fundición (RAF).

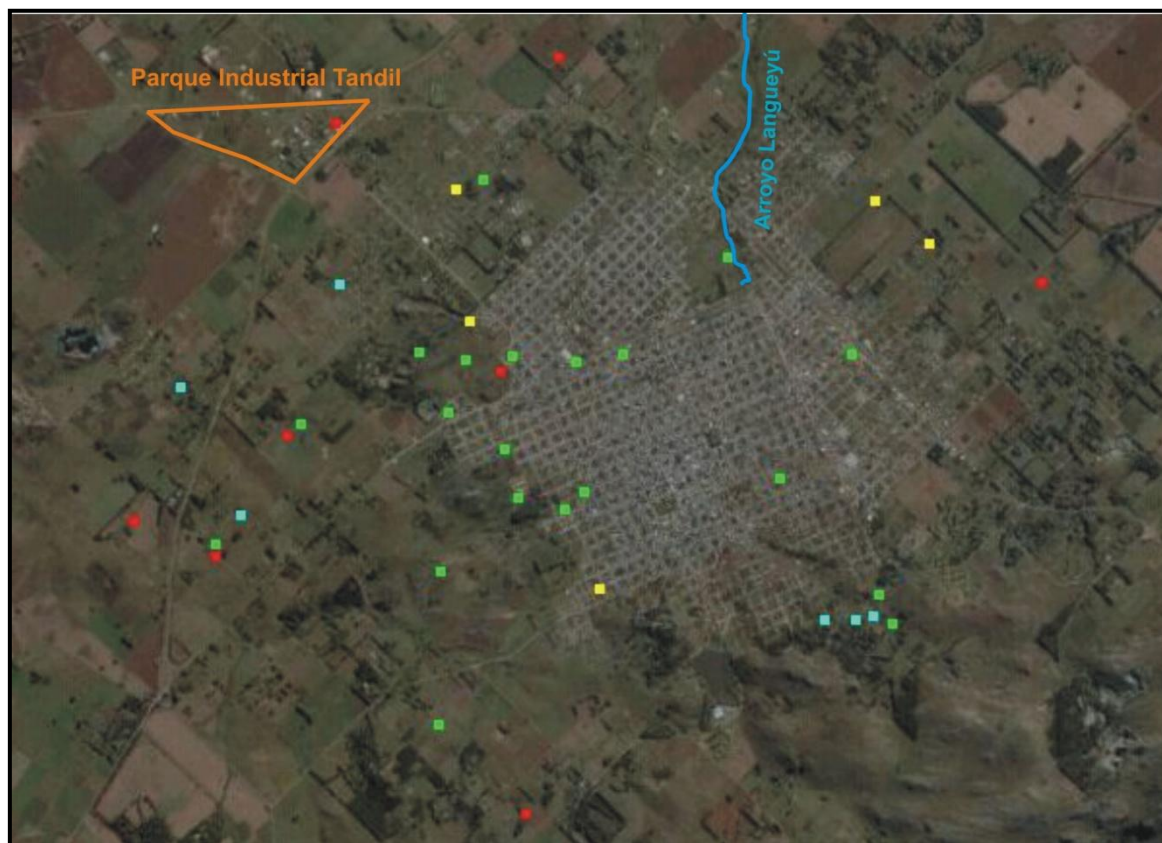
Los RAF, tendrán diferentes características en función del tipo y proporción de los insumos incorporados a las arenas, el proceso específico de moldeo, espesores de moldes y tipo de metal fundido.

Los sitios de disposición final de RAF se relevaron a partir de salidas de campo, entrevistas a empresarios, transportistas, cirujas y lectura bibliográfica. Estos lugares han sido y son en su mayoría cavas de cantera de extracción de granito, cavas de ladrilleras, terrenos bajos o con pendientes naturales (Figura 3). El análisis y consideración de la disposición de este tipo de residuos representa un aspecto a seguir estudiando ya que constituye un peligro potencial de contaminación a las aguas subterráneas.

En base a los productos utilizados, los parámetros necesarios para caracterizar los residuos en forma preliminar son: a partir del ensayo de lixiviación (EPA SW 846), conductividad, hidrocarburos totales, fenoles, metales pesados (Pb, Cr, Cd, Al, Cu, Zn).

Otros Aportes Industriales

Otro aspecto a destacar dentro de la actividad industrial son las descargas que realizan ciertas industrias a un sector determinado del arroyo Langueyú (figura 5). Una vez conformado el Arroyo Langueyú transcurre cruzando la ruta Nacional 226 con dirección N. Aquí es donde el arroyo recibe descargas de efluentes de diversas industrias y de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, que procesa los efluentes de la zona servida de la ciudad y las descargas de los camiones atmosféricos.



Tipos de Relleno RAF	Ref
Sitios con disposiciones actuales de RAF	Red
Sitios con cese de disposiciones	Green
Sitios con disposición parcial de RAF	Cyan
Sitios disposiciones con potencial presencia de RAF	Yellow

Figura 5. Ciudad, Parque Industrial de Tandil y RAF

Hidrodinámicamente suelen manifestarse relaciones de influencia del curso superficial respecto al subterráneo (Ruiz de Galarreta et al., 2007), representando un riesgo de contaminación lineal al acuífero.

El sector NE está conformado por una franja periurbana con limitaciones en los servicios de agua potable y cloacas. Por lo tanto, la existencia de industrias en esta zona hace suponer que las cargas no sólo se vuelcan superficialmente, sino también en pozos absorbentes en sectores, lo que lleva implícito el impacto al recurso hídrico subterráneo.

De un total de 21 industrias relevadas en el área de estudio se ha podido acceder a los datos de 9 de ellas. Gran parte de las actividades corresponden a industriales alimenticias, le siguen talleres e industrias metal básicas. Sólo se identificó una curtiembre.

Del rubro alimenticio se cuenta con mataderos y frigoríficos, con faenas entre 1300 y 3200 animales mensuales. Esto genera efluentes entre 2.300 y 5.800 m³/mes con altas concentraciones de DBO₅ (2.500 mg/l); y Nitrógeno (DQO:DBO₅:N 12:4:1). Los tratamientos consisten en sedimentaciones y lagunas facultativas y aeróbicas y las descargas son efectuadas al arroyo.

También dentro de este rubro hay industrias lácteas con elaboración de quesos y dulce de leche con consumos mensuales entre 50.000 y 100.000 litros de leche. Los caudales de efluentes van entre 120 y 450 m³/mes y las DBO₅ entre 3000 y 3.500 mg/l. Los tratamientos son similares a los anteriores y las descargas son efectuadas en el arroyo y también en suelo. De las metalmecánica y fabricación de productos metálicos se destacan talleres de tornería y fundición y fabricación de calefactores y radiadores. En estos casos, se generan residuos sólidos entre los que se destacan las arenas de fundición.

Cargas contaminantes urbanas

Efluentes domiciliarios

El Municipio a través de la Dirección Obras Sanitarias Tandil (OST), que se encarga de la distribución de agua potable, del mantenimiento de sistema cloacal y pluvial y del tratamiento de las aguas residuales en una planta ubicada al norte de la ciudad.

El servicio de agua potable cubre el 98 % de la población de la ciudad, quedando aún sin cubrir áreas residenciales suburbanas y de reciente formación (AYDET S.A. y FCH-UNCPBA., 2004 -M3M-) **(Figura 6)**. Por otra parte el servicio de cloacas está cubierto en un 55%, según información de la Dirección OST. **(Figura 7)**.

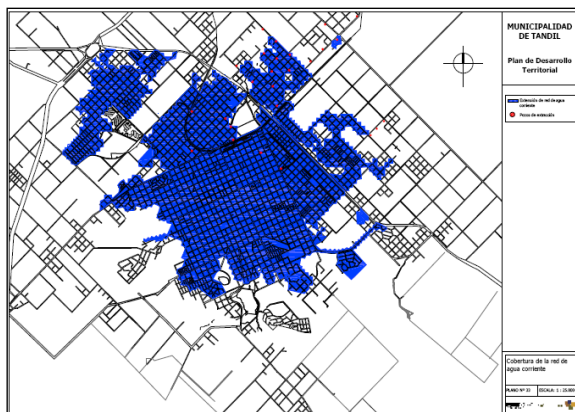


Figura 6.- Fuente M3M. Red de agua corriente

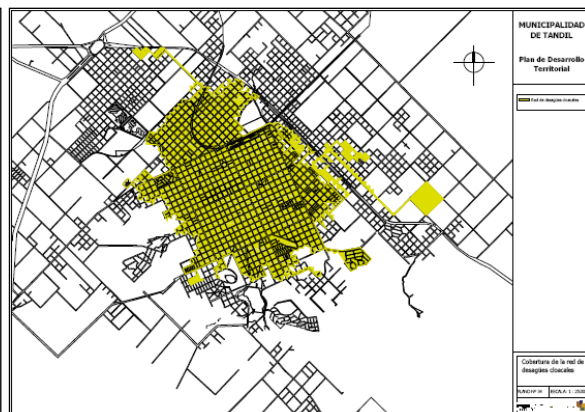


Figura 7.- Fuente M3M. Red de desagües cloacales



Los sectores desprovistos de uno o ambos servicios, incluyen barrios periféricos de bajos ingresos y con problemáticas que afectan su calidad de vida, así como otros constituidos por familias de alto nivel de vida y sin deficiencias en sus necesidades básicas. Entre los primeros, se encuentran los Barrios: Cerro Leones, Villa Cordobita, Las Tunitas, La Movediza, entre otros. En el segundo grupo se destaca el sector de viviendas ubicado en las cercanías del Lago del Fuerte, zona que ha crecido rápidamente en los últimos años, y cuyas propiedades son de alto valor inmobiliario.

La ausencia de red cloacal genera la disposición *in situ* (pozos absorbentes) por parte de los habitantes. En general no existe un adecuado diseño y planificación en la construcción de dichos pozos, conformando así un foco contaminante puntual ubicado normalmente a escasa distancia del pozo particular de bombeo del agua subterránea. La calidad del agua se deteriora dando lugar a enfermedades de origen hídrico.

Considerando un caudal medio de generación de aguas residuales domiciliarias, establecido como guía por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1988) de 200 litros/habitante/día, se ha estimado el caudal aportado por la población no servida con red cloacal de la ciudad de Tandil. El total de habitantes alcanzaba 108.086 (INDEC, 2001) y la población abastecida por cloacas era del 55 %, con un 45 % no cubierto, que equivale a 48.638 habitantes. El caudal aportado al subsuelo estimado es de 9.727.740 litros/día (9.727,7 m³/día).

Partiendo de los valores establecidos para efluentes domiciliarios, por Metcalf & Eddy, Inc. (1994), y considerando el caudal estimado para la población no servida (9727.7 m³/día), se calcularon las cargas para cada parámetro en kg/día. **(Tabla 3).**

Tabla 3

Parámetro	Valor medio (g/m³)	Carga kg/día
Sólidos totales	720	7003.9
Sólidos disueltos	500	4863.65
Sólidos suspendidos	220	2140.09
DBO ₅	220	2140.09
DQO	500	4863.65
P total	8	77.82
N total	40	389.1



Asimismo, la ciudad de Tandil cuenta con una planta de tratamiento de efluentes cloacales convencional (sedimentadores/lechos percoladores/biodigestor de barros) que funciona desde 1958 y actualmente procesa los efluentes de aproximadamente el 50% de la población de la ciudad 23.000 m³/día. El efluente una vez tratado se vierte al curso del Arroyo Langueyú. En épocas de intensa precipitaciones colapsa la planta debido a las conexiones clandestinas de los efluentes pluviales, forzando a realizar un by pass y la descarga de aguas residuales crudas directamente al arroyo.

Los parámetros indicadores de cargas contaminantes relevantes en este caso son: (Metcalf & Eddy, Inc. 1994): Sólidos totales y en suspensión; DBO₅ y DQO (materia orgánica); Nutrientes (N y P).

Si bien la composición es variable, se puede tomar como referencia la composición de carga media de un agua residual (Metcalf & Eddy, Inc. 1994) y en función de ello estimar las cargas diarias de ingreso (**Tabla 4**).

Tabla 4

Parámetro	Sólidos totales	Sólidos disueltos	Sólidos suspendidos	DBO ₅	DQO	P total	N total
Valor medio (mg/l)	720	500	220	220	500	8	40
Carga (kg/día)	16.560	11.500	5.060	5.060	11.500	184	920

De acuerdo al tipo y condiciones de tratamiento se esperan reducciones de DBO₅ en el orden del 70%. Esto significa vertidos de cargas de materia orgánica de unos 1.500 g/día.

Por otra parte la separación de sólidos suspendidos totales en el sedimentador se estima en 60%; lo cual significa una generación diaria de barros aproximada de 3.542 kg; es decir 3,5 m³ que serán digeridos, secados y dispuestos en suelo o relleno sanitario.

Según datos de Obras Sanitarias Tandil, que indican los caudales recibidos en la planta de tratamiento cloacal, en el período 1992-2005, se observa que ingresaban en los primeros años 0.260 m³/h/día, alcanzando 0.41 m³/h/día en los últimos años del período. Estos valores superan los estándares de 200 l/hab/día, debido a que consideran en forma conjunta los efluentes industriales, además de los comerciales, institucionales, y hasta puede incluir aguas recibidas a través de conexiones con desagües pluviales.



Relleno Sanitario

La disposición final de los residuos sólidos urbanos generados en Tandil se realiza en un relleno sanitario que funciona desde 1998 y está localizada en el área industrial. Con antelación estos residuos fueron dispuestos en un área contigua sin ningún tipo de prevención. El relleno ocupa 13 hectáreas, de las cuales 11 son las aprovechables para los residuos (a una tasa de ocupación aproximada de una hectárea por año). La tasa de generación per cápita diaria de residuos sólidos urbanos se estima en 1 kg/hab.día.

El caudal de lixiviados es de 8 m³/día. Las características químicas más relevantes son las altas cargas de DBO₅, DQO y Sólidos totales disueltos. Existe una recirculación de parte del caudal de lixiviado al módulo del relleno que ingresa como un sistema de riego sobre todo en verano y el resto una vez tratado se descarga a un canal influente hacia el arroyo Langueyú.

4) Elaboración de indicadores para generar pautas de gestión

Los indicadores ambientales son la expresión sintética de un conjunto de parámetros que agrupados lógicamente, permiten obtener una visión integral de una problemática ambiental, en un sitio determinado y un período de tiempo limitado.

El análisis integral de los indicadores ambientales colabora en la toma de decisiones respecto la formulación de políticas, la definición y priorización de proyectos ambientales y la evaluación de acciones correctivas asociadas con aspectos socioeconómicos presentes en el territorio.

En relación a la generación de pautas de gestión, se comenzó con la evaluación de Indicadores de sustentabilidad ambiental urbana, luego del análisis de los antecedentes y marco conceptual, se elaboraron los indicadores hídricos establecidos en primera instancia para la ciudad de Tandil.

Para el desarrollo del sistema de indicadores propuesto, fue necesario relevar la información disponible en instituciones gubernamentales locales, empresas de servicios, e informantes calificados sobre agua, residuos sólidos y cloacales, usos del suelo urbano, datos poblacionales y de salud, entre otros; para la ciudad de Tandil. Asimismo fue necesario procurar los



instrumentos y técnicas necesarias para la generación de nueva información (toma de muestras y mediciones, análisis químicos de las muestras, levantamiento de información a través de encuestas, etc.). Dicha información se constituye en insumo necesario para dar valores a los indicadores.

En forma paralela fue posible diseñar un conjunto de indicadores ambientales para la ciudad de Tandil con énfasis en la gestión del recurso hídrico local.

La **Tabla 5** sintetiza las áreas temáticas consideradas en el sistema. Las columnas restantes definen los criterios propuestos por Quiroga Martínez (2003) y adaptados a este caso. Estos criterios permiten la construcción de las fichas técnicas y la definición por comprensión de los indicadores propuestos. Los criterios seleccionados son: nombre del indicador; descripción; fórmula del indicador y definición de las variables; fuente y disponibilidad de los datos; periodicidad de los datos; limitaciones; direccionalidad con la sustentabilidad; y costos asociados a la generación del dato.

Tabla 5: Aspectos metodológicos

Área ambiental Nombre del indicador	Descripción	Fórmula del Indicador/ variables	Fuente y disponibilidad de los datos	Valor base	Periodicidad	Limitaciones	Direccionalidad sustentabilidad
Agua	Consiste en una descripción breve de la información aportada por el indicador.	Explica las operaciones y procesos de las variables necesarias para obtener el valor del indicador. Estipula la unidad de medida en que se expresará el indicador.	Se refiere a las facilidades y dificultades del acceso sistemático al dato, más allá de que formalmente se encuentre producido o no.	Establece el valor de base que permite monitorear la evolución del indicador en el tiempo	Es el período de tiempo en el que se actualizará el dato.	Aclara las dificultades técnicas y económicas asociadas a la obtención del valor del indicador así como las dimensiones y dinámicas que no pueden ser capturadas a partir del indicador.	Explica que potencialidades que posee el indicador de acuerdo al criterio de sustentabilidad y la direccionalidad del indicador. Por ejemplo, qué ocurre si el indicador aumenta su valor en el tiempo, o si ocurre lo contrario.
Residuos							
Población							
Suelo urbano							

Fuente: elaboración propia en base a Quiroga Martínez (2003)

Una vez confeccionado el sistema se procedió a la ponderación de los indicadores formulados. De esta forma se pudo establecer una línea de base para los indicadores propuestos, cuyas



variables incluyen entre otros: número de pozos, caudales de extracción, cobertura de la red pública, consumo residencial, parámetros químicos y bacteriológicos. (Guerrero et al., 2007).

Bibliografía

APHA, AWWA, WPCF (1992). Métodos normalizados. Para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid, España.

AYDET S.A. y FCH-UNCPBA.(2004). Plan de ordenamiento territorial del Municipio de Tandil.

Banda Noriega, R. y Ruiz de Galarreta, A. (2004). [Calidad del recurso hídrico subterráneo en el partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina.](#) IV Encuentro de Investigadores, Fac. de Ciencias Humanas. UNICEN. Tandil.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) (1997). Lineamientos para la prevención de la contaminación. Industria de fundición y tratamiento térmico de metales. Perú, 01-04-1997, <http://www.cepis.org.pe>

Código Alimentario Argentino (1969). Ley 18.284. Actualizado en 2010. Capítulo XII: Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. 65 p. Argentina.

Guerrero, E., Jacinto, G., Banda Noriega, R y Ruiz de Galarreta, A. (2007) "Sistema de indicadores ambientales para municipios bonaerenses". Terceras Jornadas ASAUEE. Universidad tecnológica Nacional de Tucumán. En CD ISSN 978-987-22038-1-8. Trabajo N° 6 (10 páginas).

Hernández, M., y Ruiz de Galarreta, A. (1985) Comportamiento hidrodinámico del acuífero freático en el sector superior de la cuenca del Ao Tandileofú, Pcia de Bs. As. I Jorn. Geol. Bonaerenses. CIC. La Plata, pp. 391-408.

INDEC – Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2002). Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2001. Resultados provisionales. Ministerio de Economía. Buenos Aires.

Metcalf & Eddy, Inc. (1994) *Ingeniería sanitaria redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales*. ISBN: 8433564226.

Neira, F. (2004) Evaluación preliminar del riesgo ambiental por plaguicidas en el partido de Tandil, Argentina. Tesis de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental, FCH, UNICEN.

Organización Mundial de la Salud (1988) "Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación". Traducción y Adaptación de WHO offset. Publication N° 62. México.



- Quiroga Martínez, R. (2003) Curso Taller: Indicadores de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. CEPAL, Chile.
- Rabassa, J. (1973) Geología superficial de la Hoja Sierras de Tandil, Pcia de Bs As. MOP. LEMIT, An., Serie II, 240 (La Plata), pp. 117- 160.
- Ruiz de Galarreta, A.; Banda Noriega, R. y Granato, F. (2004) Riesgo de contaminación hídrica en el Parque Industrial de Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina". Seminario vulnerabilidad de acuíferos. HIDRORED XVII-A (CYTED). Lima, Perú.
- Ruiz de Galarreta, A., y Banda Noriega, R. (2005) Geohidrología y evaluación de nitratos del Partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina. *IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano - Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea*. Octubre 2005. UNCR. Río Cuarto, Córdoba.
- Ruiz de Galarreta, A., Varni, M., Banda Noriega, R., y Barranquero, R. (2007) Caracterización geohidrológica preliminar en la cuenca del arroyo Langueyú, Partido de Tandil, Buenos Aires. *VI Congreso Argentino de Hidrogeología y III Seminario Hispano-Latinoamericano de Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. Octubre 2007. Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Teruggi, M., y Kilmurray, J. (1980) Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. *Geología Regional Argentina*, Vol II. Cordoba.
- Thornthwaite, C. W. y Mather, J. R. (1957) Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Laboratory of Climatology, Publication núm. 10. Centertown, N. J
- Turner, J. (1975) Síntesis. En Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geol. Arg., pp 9-27. Bahía Blanca.
- Zambrano, J. (1974) Cuencas sedimentarias en el Subsuelo de la Provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Asoc. Geol. Arg., Rev., XXIX, 4*. Bs As.
- Zulaica, M. L. (2005) Zonificación ecológica y diagnóstico ambiental de la cuenca del arroyo Langueyú, partido de Tandil. Tesis Maestría en Gestión Ambiental. Fac. de Ing. y Ciencias Económico-Sociales. Universidad Nacional de San Luis