

## AMBIENTES HIDROGEOLOGICOS DEL GRAN SAN MIGUEL DE TUCUMAN

TINEO, Alfredo\* y GARCIA, María Gabriela\*\*  
 Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo  
 Universidad Nacional de Tucumán.

\* CONICET    \*\* CIUNT

## Abstract

The Great San Miguel de Tucumán is an important urban centre located at the Northwest of Argentina. It extends from the San Javier Mountain at West, to the Salí River at East and from Tafi Viejo city at North to the Manantial - Ohuanta villages at South. It covers an area of around 200 Km<sup>2</sup> and has a population of 700.000 inhabitants. The water supply comes from some rivers (Vipos, Loro) and from an important dam (El Cadillal), and also from the explotations of water wells. In this work we determine the different hydrogeological environments of this area, studying its geology and geomorphology and also analysing the information obtained from more than a hundred water wells.

The area of study has an irregular relief provoked by prequaternary tectonics phenomena showing a variation on the quaternary sedimentation with an important groundwater storage. The annual precipitation, that runs from 900 to 1300 mm, allows a significant recharge of this groundwater storage.

From the hydrogeological characteristics observed, we determined the existence of a structural minimum in the zone called "Bajo Hondo", where the artesian basin of Yerba Buena is developed and a maximum in the central zone of the town.

We also differentiate the reservoirs of the alluvial fans located at the western end of the San Javier Mountain and at Salí River.

## Resúmen

El Gran San Miguel de Tucumán, abarca un área del orden de los 200 Km<sup>2</sup>, y se extiende desde la Sierra de San Javier al Oeste, hasta sobrepasar el Río Salí al Este, y desde Tafi Viejo al Norte, hasta Manantial - Ohuanta, al Sur.

La zona cuenta con una población de 700.000 habitantes que se abastece con aguas superficiales provenientes del Dique Celestino Gelsi (ex Cadillal), Río Vipos, Río Loro y una gran parte de la misma mediante la explotación de aguas subterráneas.

En base al análisis geológico - geomorfológico del área, y con la información de subsuelo de más de cien perforaciones, se han determinado diferentes ambientes hidrogeológicos en el área que Stappenbeck llamó "El cono de Deyección de Tucumán".

Fenómenos tectónicos precuaternarios, han provocado un relieve irregular en el área, con una importante variación en la sedimentación de los niveles cuaternarios que almacenan agua en el subsuelo. La recarga de los acuíferos profundos provenientes de las precipitaciones, que en la zona varían entre 900 y 1300 mm anuales, aseguran una importante reserva de aguas en el subsuelo.

Las características hidrogeológicas observadas permitieron determinar la existencia de un mínimo estructural en la zona de el "Bajo Hondo", donde se desarrolla la cuenca Artesiana de Yerba Buena y un máximo en la zona del centro de la ciudad de San Miguel de Tucumán.

Asimismo se diferenciaron los reservorios de los abanicos aluviales del borde oriental de la sierra de San Javier y el área de influencia del cono aluvial del Río Salí.

## I. Introducción

El Gran San Miguel de Tucumán está integrado por la ciudad de Yerba Buena al oeste, Tafi Viejo al Norte y Banda del Río Salí, al este con una superficie del orden de los 200 km<sup>2</sup> y una población de 700.000 habitantes.

El abastecimiento de agua potable a San Miguel de Tucumán, se realiza fundamentalmente mediante captaciones de aguas superficiales provenientes de los ríos Vipos, Loro y el dique El Cadillal, y una serie de perforaciones profundas.

Sin embargo, las poblaciones vecinas se abastecen únicamente mediante perforaciones que explotan aguas subterráneas.

Stappenbeck, R. (1916) realizó estudios en base a observaciones de campo y con la información de escasas perforaciones existentes, describió el "Cono de Deyección de Tucumán", explicando así la variación de los niveles acuíferos del subsuelo, desde la Sierra de San Javier hasta la llanura.

En trabajos posteriores, Haupt (1968) realizó una descripción preliminar de la hoja 11f y Tineo et al (1985, 1989, 1995), describieron las importantes variaciones hidrogeológicas en el Gran San Miguel de Tucumán. Recientemente, García y Falcón (1992) y García M.G. (1996), trabajaron sobre este modelo conceptual, incorporando mayor información de subsuelo.

Mediante la fotointerpretación a escala 1:20.000 y el estudio de imágenes satelitales, se han podido delimitar distintos ambientes geológicos desde el área pedemontana de San Javier hasta el Río Salí. El análisis hidrogeológico se realizó con el estudio de más de cien perfiles de pozos existentes en la zona.

El objetivo de este trabajo consistió en la delimitación y caracterización de los ambientes hidrogeológicos del área, a fin de proponer un mayor control en la explotación futura de los recursos hídricos subterráneos y la preservación de los mismos en una zona de elevada carga contaminante constituida por efluentes urbanos e industriales.

## II. Características Geológicas

La Sierra de San Javier es el complejo morfoestructural dominante en el borde occidental de la zona de estudio. Representa el extremo meridional de las Sierras Subandinas y está descrito como un anticlinal fallado en su flanco oriental, en cuyo núcleo afloran rocas del basamento metamórfico (Mon y Suayter, 1973). Las rocas que integran este basamento son pizarras, filitas, metagrawacas y cuarcitas que han sido definidas como Formación San Javier (Toselli, Godeas y Rossi de Toselli, 1975), de edad Precámbrico - Paleozoica inferior.

Las metamorfitas de bajo grado están fuertemente plegadas, fracturadas y diaclasadas, lo que les confiere una moderada permeabilidad secundaria.

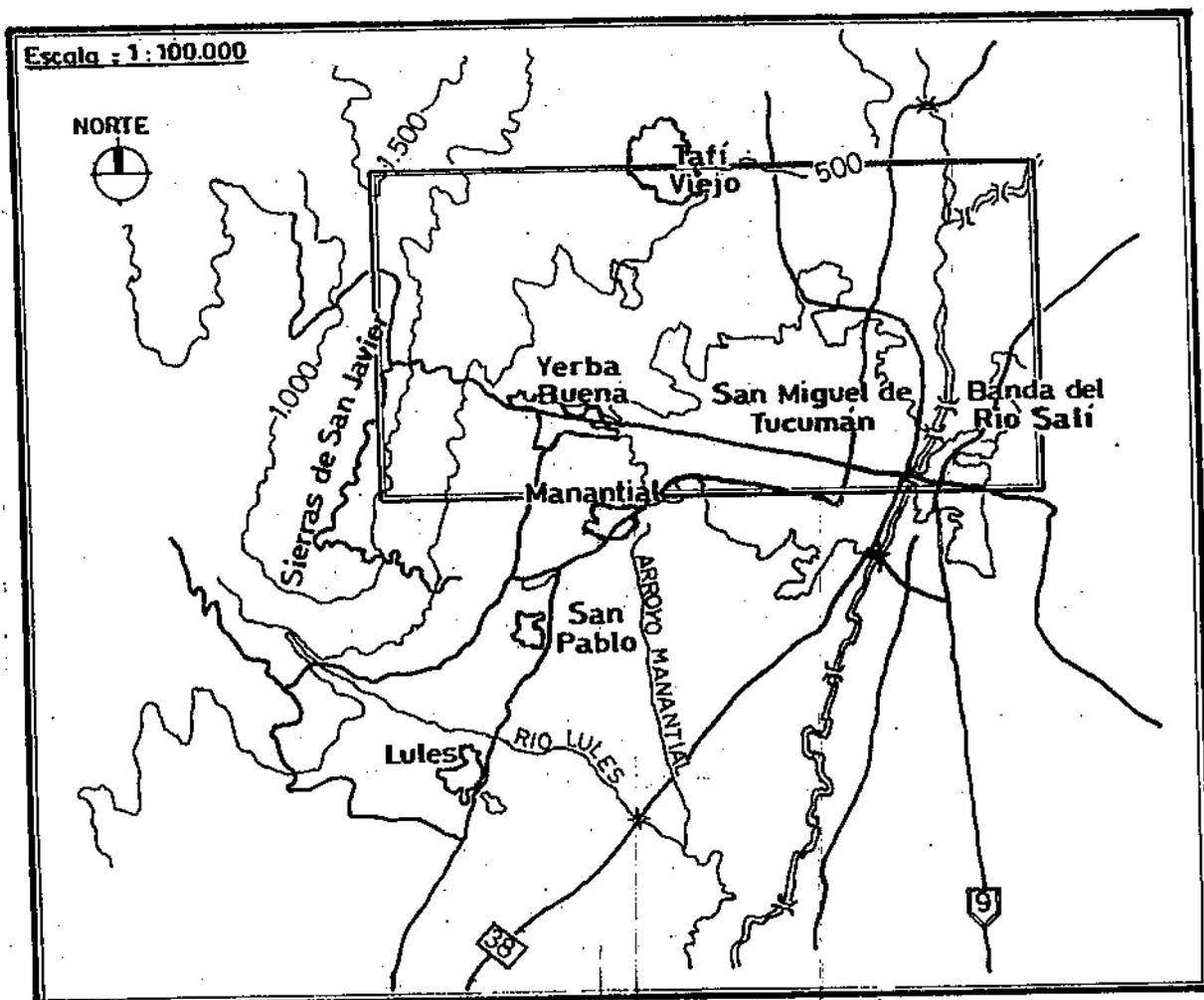
En discordancia se apoyan sedimentitas de edad cretácica en pequeños afloramientos en los bordes de la sierra, caracterizados por areniscas y limolitas rojas, compactas, con baja permeabilidad.

Sedimentos de edad terciaria afloran en todo el borde oriental de la sierra, constituidos por limolitas arcillosas color rojo ladrillo con intercalaciones de arcillita verde y yeso, pertenecientes a la Formación Río Salí (Ruiz Huidobro, 1960 y Bossi, 1969). Este complejo sedimentario, con fuerte buzamiento, delimita el anticlinal de San Javier y es el basamento hidrogeológico en el subsuelo de Tucumán.

Los niveles pertenecientes al cuaternario tienen una amplia distribución en la zona de estudio y están constituidos por loess de color ligeramente rojizo a pardo en la sección superior, que alcanza espesores de tres a diez metros en el subsuelo, cubriendo sedimentos más gruesos de gravas y arenas en la zona proximal de los abanicos aluviales de la sierra de San Javier. Los sedimentos gruesos de los abanicos aluviales cubren una importante superficie en el área pedemontana y se desarrollan hacia el este, alcanzando el "Bajo Hondo", con intercalaciones limoarenosas y limoarcillosas en la zona distal de los mismos, superando en su conjunto los 200 metros de espesor.

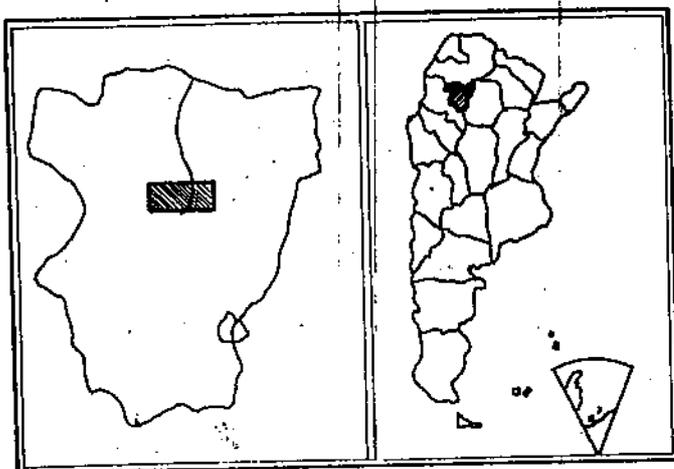
El sector este y sur de la ciudad Capital, está cubierto por gravas y arenas gruesas de elevada permeabilidad pertenecientes a los depósitos del Cono Aluvial del Río Salí con espesores que superan los 150 metros (Tineo, et al., 1995).

# CROQUIS DE UBICACION



 = AREA ESTUDIADA

## CROQUIS DE UBICACION



Los rasgos geomorfológicos permiten diferenciar el borde montañoso, con fuertes pendientes y una densa red de drenaje de diseño subangular a subdendrítico que origina en su desembocadura al pie de la sierra, importantes abanicos aluviales coalescentes que alcanzan, en su parte distal, la depresión del "Bajo Hondo". Hacia el norte y centro de la ciudad Capital se observa una zona elevada que correspondería a un máximo estructural, limitado hacia el este por una falla Norte - Sur que controla el curso del Río Salí, constituido por sedimentos pelíticos con arenas finas a medianas subordinadas.

Las características estructurales de la Sierra de San Javier fueron estudiadas por Mon y Suayter (1973) quienes la describen como un anticlinal fallado en su flanco oriental en cuyo núcleo aflora el basamento metamórfico.

Los niveles de surgencia observados en los alrededores de la depresión conocida con el nombre de "Bajo Hondo" podrían ser explicados por la presencia de un sinclinal estrecho o una zona de falla.

Finalmente, el importante desnivel observado en el extremo oriental de la ciudad de San Miguel de Tucumán sería consecuencia de una falla de rumbo N - S que habría controlado la divagación del Río Salí hacia el oeste.

### III. Hidrogeología

El perfil A - A' de la Figura N°2, trazado en sentido Este-Oeste, representa las características estratigráficas del área de estudio. La distribución de los materiales en subsuelo se realizó en base a datos obtenidos en afloramientos y en el subsuelo, proporcionados por los perfiles de perforación. Estos últimos sólo brindan información sobre los materiales cuaternarios ya que los acuíferos con aguas de buena calidad se encuentran únicamente en estos niveles; el espesor sedimentario aumenta hacia el este alcanzando una potencia superior a los 200 metros.

La cubierta loésica se desarrolla en forma continua desde el faldeo de la sierra de San Javier hasta las terrazas del Río Salí. Su espesor promedio es de 20 metros y constituye la roca madre de todos los suelos formados en la región.

A partir de los 30 metros aproximadamente, por debajo de la cubierta loésica, se desarrolla una potente sucesión de sedimentos cuaternarios de origen aluvial, depositados por antiguos abanicos. Hacia el oeste, al pie de la sierra de San Javier, predominan los materiales gruesos con intercalaciones arcillosas y limoarcillosas muy delgadas, característicos de la sedimentación en la porción apical de los abanicos aluviales. Esta situación cambia hacia el este, en la zona del centro y norte de la ciudad Capital, donde se verifica un aumento de los niveles de granulometría más fina.

Niveles del cuaternario se observan también en los sedimentos fluviales depositados por el Río Salí y que actualmente conforman el lecho y las terrazas fluviales. Estos sedimentos se extenderían hasta el subsuelo de la actual terminal de ómnibus de la ciudad de San Miguel de Tucumán, área que pertenece al sector proximal del Cono Aluvial del Río Salí (Tineo et al., 1995)

Sedimentos de edad terciaria afloran en las lomas de Imbaud y se prolongarían en el subsuelo de la llanura. Estos niveles están considerados como el basamento hidrogeológico en el área y su espesor no ha sido determinado.

Por último, los sedimentos precámbricos afloran en la sierra de San Javier y constituyen el basamento de toda la cuenca sedimentaria desarrollada hacia el este.

La sierra de San Javier está constituida por un núcleo de rocas metamórficas fuertemente diaclasadas, lo que ocasiona una importante permeabilidad secundaria. Sin embargo, las pendientes son muy fuertes, por lo que predomina el escurrimiento sobre la infiltración.

Las lomadas terciarias están constituidas por un núcleo de areniscas gruesas a finas, margas y venillas de yeso. Estos sedimentos, de baja a moderada permeabilidad son portadores de gran cantidad de sales solubles por lo que los acuíferos encontrados en ellas son pobres y contienen agua de mala calidad.

En el área pedemontana se desarrollan abanicos aluviales, constituidos por materiales gruesos de elevada permeabilidad, los cuales van gradando a materiales cada vez más finos hacia la llanura, donde se intercalan niveles limoarcillosos. El agua se infiltra en los abanicos aluviales y circula hacia la llanura donde la alternancia de materiales permeables e impermeables favorece el desarrollo de buenos acuíferos.

La profundidad del acuífero freático es variable en el área de estudio. Aquellos que se desarrollan en las proximidades de la sierra se encuentran a profundidades comprendidas entre los 20 y 30 metros y sus

espesores son variables. En el abanico aluvial del río Muerto y en Horco Molle, sin embargo, la profundidad varía entre los 12 y 22 metros.

Si bien no se cuentan con datos de perforaciones, es conocido el serio problema de anegamiento que sufren las viviendas ubicadas al sur de la Avenida Las Américas, en el sector SO de la ciudad capital.

Edificios de propiedad horizontal ubicados en el centro de la ciudad de San Miguel de Tucumán han tenido que recurrir a cimentaciones con pilotes o losas a fin de solucionar problemas del horizonte freático que en este sector se encuentra a una profundidad de aproximadamente 4 m por debajo de la superficie.

La correlación entre perforaciones realizada en el corte transversal de la Figura N° 2 ha permitido determinar el desarrollo de un acuífero confinado múltiple en el subsuelo del área de estudio.

El pozo de mayor profundidad en el perfil atraviesa ocho acuíferos en el intervalo comprendido entre los 70 y 200 metros de profundidad. El nivel saturado más profundo se desarrolla a los 180 metros.

En las proximidades de la sierra, el número de acuíferos atravesados disminuye como consecuencia de la reducción en el espesor del paquete sedimentario. A su vez, el material que conforma los acuíferos es más grueso, representado principalmente por gravas y arenas gruesas. Estos acuíferos, a diferencia de los que se desarrollan en áreas próximas al Bajo Hondo son semisurgentes.

La mayoría de los pozos del área pedemontana están ubicados en la porción media de los abanicos y captan agua de acuíferos desarrollados entre los 100 y 150 metros aproximadamente.

En el mapa hidrogeológico de la Figura N°1 se han representado las curvas isopiezas. La isopieza 0 encierra el área de surgencia, que hemos denominado "Cuenca Artesiana de Yerba Buena". Esta cuenca se extiende en sentido N - S, al oeste de la ciudad capital y se prolonga hacia el sur, en forma ligeramente paralela al cauce del arroyo El Manantial, según el análisis realizado por Rodríguez (1987). Hacia el norte, esta cubeta se adelgaza notablemente hasta desaparecer poco antes de la ciudad de Tafi Viejo.

El nivel estático se va profundizando desde la cuenca artesiana hacia la sierra y hacia el centro de la ciudad de San Miguel de Tucumán, para luego volver a aumentar en las proximidades del río Salí. El nivel estático más profundo corresponde a -50 metros y se encuentra próximo a la sierra.

El área de recarga de los acuíferos se encuentra en el sector pedemontano, donde los materiales gruesos que constituyen los abanicos aluviales permiten una fácil infiltración del agua de lluvia.

El sentido del flujo de agua en el subsuelo es perpendicular a las curvas isopiezas. De acuerdo con esto, el agua se mueve en dirección NO - SE llegando a ser hacia el SE perpendicular al arroyo El Manantial, el cual se comporta como un cauce de tipo efluente ya que está alimentado por las aguas subterráneas que fluyen hacia él provenientes desde el NO y SE (Figura N°1).

Químicamente, las aguas de la zona han sido clasificadas como bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, según puede observarse en el gráfico de la Figura N°3 (García, M.G., 1996)

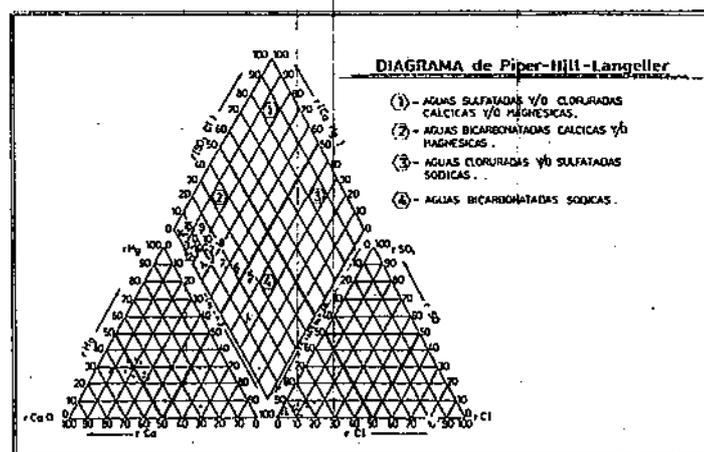
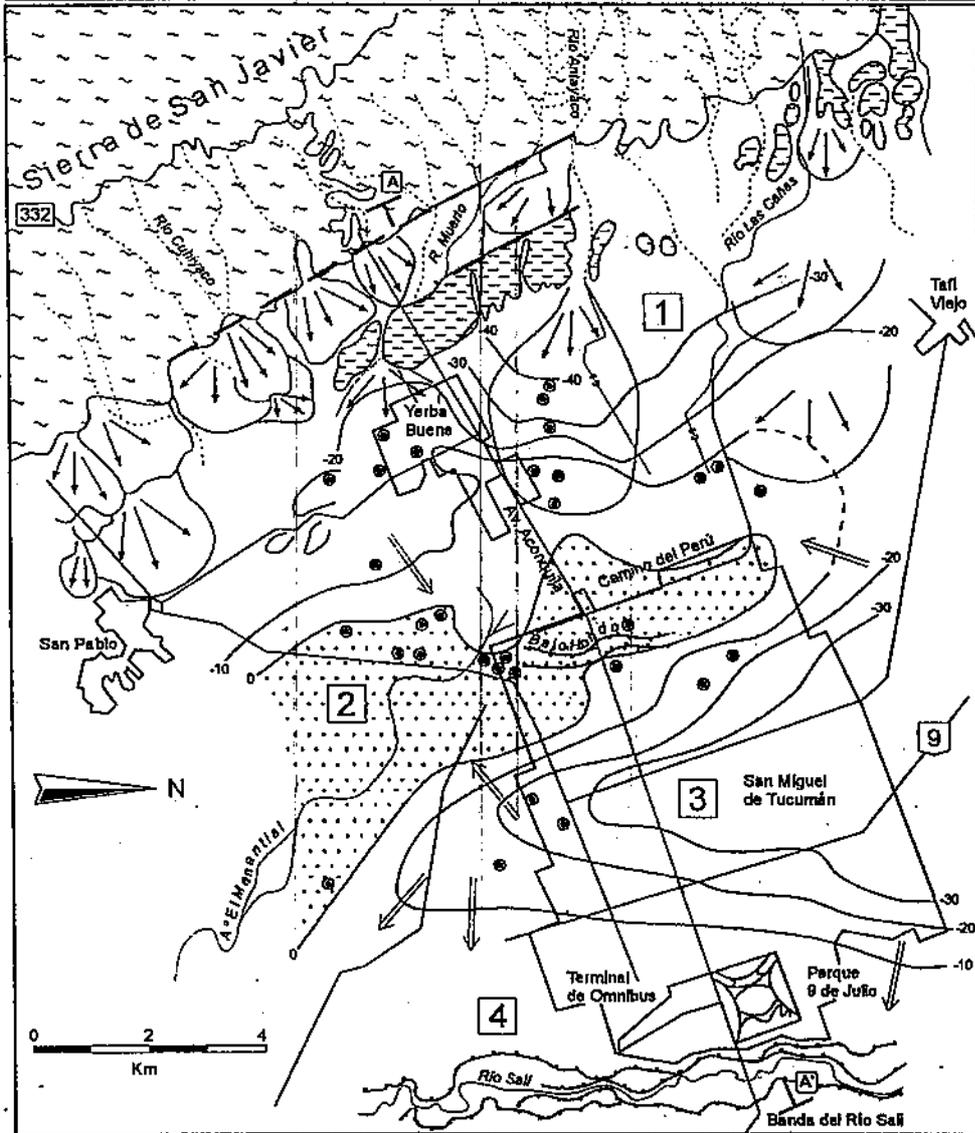


Figura N°3: clasificación de las aguas según su composición química

Figura N° 1: Ambientes Hidrogeológicos del gran San Miguel de Tucumán

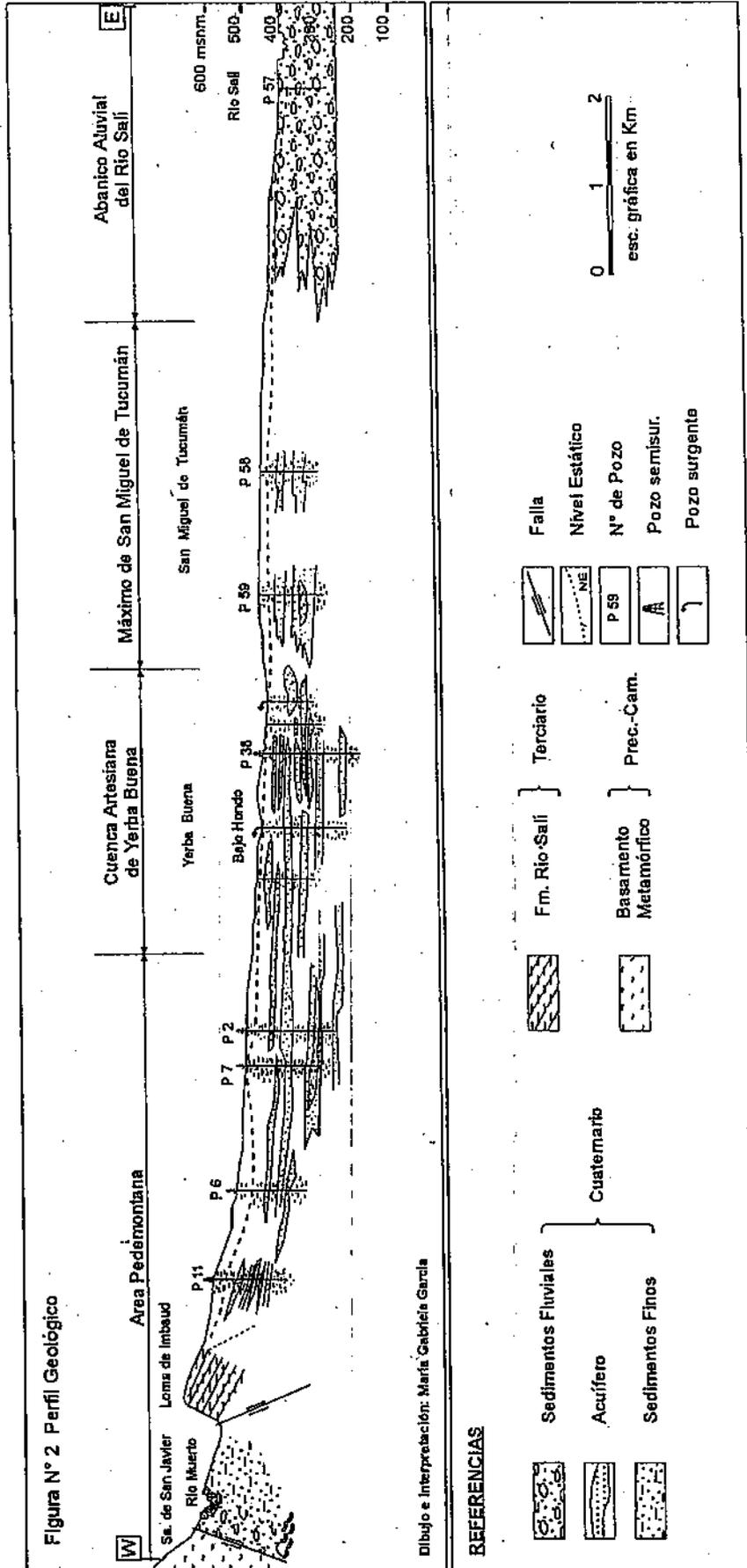


**REFERENCIAS**

EDAD	LITOLÓGIA	CARACT. HIDRICAS	
Cuaternario	Arena, gravas	Elevada permeabilidad.	Curvas Izoplezas
Terciario	Limos, Arcillas Margas	Baja permeabilidad.	Conos Aluviales
Precám. / Paleozoico	Metamorfitas	Baja permeabilidad secundaria.	Falla
			Perforaciones
			Sentido de escurrimiento
			Ríos perm. y tem.
			Rutas

- 1** Ambiente pedemontano - abanicos aluviales.
- 2** Cuenca Artesiana - Bajo Hondo.
- 3** Máximo de San Miguel de Tucumán.
- 4** Abanico Aluvial del Río Salí.

A ———— A'  
Perfil Geológico Fig. N° 2



En general se trata de aguas de buena calidad, aptas para el consumo humano, aunque se han observado valores de dureza superiores al límite establecido por el Código Alimentario Argentino, en muestras de agua extraídas de perforaciones ubicadas en el faldeo de la sierra, que están destinadas al abastecimiento de agua potable de los barrios de la zona.

Los elevados contenidos de calcio y magnesio encontrados en ellas podrían limitar el uso industrial de las mismas, por la posibilidad de generar incrustaciones en calderas y máquinas de vapor.

Si bien la mayoría de las perforaciones realizadas en la zona están destinadas al abastecimiento de agua potable, algunas de ellas se han realizado a fin de obtener agua para riego. La clasificación de estas aguas, teniendo en cuenta el índice RAS, es C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>.

## *Ambientes hidrogeológicos*

### *Area Pedemontana*

El desarrollo de la sedimentación del cuaternario en el área pedemontana, originada por el transporte fluvial principalmente, permitió la acumulación de sedimentos gruesos en importantes conos aluviales que alcanzan hasta la zona que ocupa la depresión del "Bajo Hondo".

Este ambiente sedimentario presenta una sucesión de niveles psamíticos intercalados con horizontes pelíticos en profundidad, los cuales han sido determinados en los abanicos aluviales del Río Las Cañas - Las Piedras, Arroyo Antayaco y Río Muerto (Figura N°1).

El abanico del Río Las Cañas - Las Piedras se desarrolla, en superficie, desde el faldeo de la Sierra de San Javier hasta el Ingenio San José, cubriendo una superficie de 4.7 Km<sup>2</sup>. En este abanico se pueden observar tres lóbulos parcialmente superpuestos formados en épocas diferentes como consecuencia de cambios en la energía de transporte. El más pequeño se desarrolla inmediatamente al pie de la sierra, abarcando una superficie estimada de 1.1 Km<sup>2</sup>. Este es el más joven y su menor tamaño con respecto a los lóbulos restantes denota una importante disminución en la energía de transporte del río Las Cañas. Cubriendo una superficie de 4 Km<sup>2</sup> el lóbulo intermedio representa un período de transporte de mayor energía que el que originó el primer lóbulo, y cubre parcialmente al tercer lóbulo, el cual ocupa una superficie estimada de 4.7 Km<sup>2</sup> y representa el evento de sedimentación más antiguo y de mayor energía.

Hacia el sur se desarrolla el abanico aluvial del Arroyo Antayaco, abarcando gran parte del sector noroeste de la ciudad de Yerba Buena, llegando a cubrir una superficie estimada de 7.6 Km<sup>2</sup>.

Finalmente, en el sector más austral del área de estudio se encuentra el abanico aluvial del Río Muerto, el cual se extiende en una importante sector de la localidad de La Rinconada. El límite de la porción distal es difícil de determinar debido a la extensión del área urbana sobre esta región que lo enmascara en las fotografías aéreas. Sin embargo se puede estimar su superficie en un valor de 2.7 Km<sup>2</sup>.

La recarga de los acuíferos profundos proviene de la cuenca alta donde las precipitaciones son del orden de los 1200 mm anuales, y está caracterizado por un acuífero freático entre a 10 y 30 metros de profundidad en la zona apical de los conos y de 1 a 2 metros en la zona distal.

En la zona distal, la presencia de niveles limoarcillosos de menor permeabilidad permitió el confinamiento de niveles acuíferos hasta una profundidad del orden de los 250 metros en la zona más profunda, con niveles de surgencia natural y aguas de buena calidad.

### *Area del "Bajo Hondo" - Cuenca Artesiana de Yerba Buena*

Este área se ubica en la parte más profunda de la cuenca. Está limitada al oeste por los abanicos aluviales de la Sierra de San Javier y al este por el alto estructural de la Ciudad Capital.

El relleno de la depresión con sedimentos cuaternarios, constituido por intercalaciones de niveles de arena y grava con potentes horizontes pelíticos, presenta aquí su máximo espesor.

La recarga de los acuíferos de la zona proviene de la infiltración en el faldeo de la Sierra de San Javier y de las inmediaciones de la ciudad de Tafi Viejo, ubicada al norte del área. El sentido del escurrimiento está marcado en dirección SSE.

### *Area alta de la ciudad - Máximo de San Miguel de Tucumán*

Otro ambiente hidrogeológico se extiende desde el flanco occidental del Bajo Hondo hasta sobrepasar la ciudad capital. El mismo se caracteriza por el predominio de niveles finos de menor permeabilidad, ubicados sobre un alto estructural. Las condiciones hidrogeológicas varían ya que presenta un área con niveles freáticos ubicados entre los 3 y 7 metros de profundidad y acuíferos confinados profundos en arenas medianas a finas de bajo rendimiento. Esto se observa en perforaciones realizadas en Villa Mariano Moreno y zona de la Cervecería Norte.

### *Area del "Bajo"- Abanico aluvial del Río Salí*

Hacia el este y sur de la ciudad Capital, la influencia del río Salí permitió la acumulación de sedimentos gruesos en toda el área del bajo de la antigua terminal de ómnibus y Parque 9 de Julio. Allí los niveles freáticos se encuentran a 3 o 4 metros de profundidad y no se observa confinamiento al menos hasta los 100 o 150 metros, debido a que este sector pertenece a la parte alta del abanico aluvial del Río Salí, que se desarrolla al Sur-Sureste de la Ciudad Capital (Tineo et al, 1995).

### **Conclusiones**

La descripción de los ambientes hidrogeológicos propuesta, ofrece una explicación a las variaciones encontradas en el subsuelo desde el punto de vista del comportamiento de los niveles acuíferos profundos, pero además sugiere un modelo estructural simple que controla la depositación de los sedimentos cuaternarios en la zona, a partir de una deformación del terciario con importantes discordancias que hacen variar los espesores de la sedimentación cuaternaria.

De esta manera, los abanicos aluviales de la zona pedemontana de la Sierra de San Javier, con buen desarrollo en profundidad, alcanzan en su parte distal, el área del "Bajo Hondo", con un espesor que supera los 200 metros.

Esta depresión puede atribuirse a un sinclinal elongado de norte a sur, paralelo al anticlinal de la sierra de San Javier (Mon y Suayter, op.cit) o explicarse como una zona de falla en sedimentos terciarios que facilitó la erosión diferencial en el área.

También se corresponde con una zona de máximo estructural, ubicado en el centro de la ciudad de San Miguel de Tucumán, que se levanta hacia el norte, vinculándose con estructuras positivas que se proyectan en el subsuelo desde los afloramientos terciarios de El Cadillal.

Este máximo estructural se observa en la morfología de la ciudad y el desarrollo de los niveles de agua en profundidad. Además, los sedimentos predominantes son limoarcillosos, encontrándose niveles permeables subordinados, de escaso espesor.

Las condiciones sedimentarias varían sustancialmente en el borde oriental de la ciudad, zona ocupada por el Parque 9 de Julio y la Terminal de Omnibus. Allí se pueden observar las terrazas antiguas del Río Salí, conformando este sector, parte de la zona apical del abanico aluvial del río Salí (Tineo, et.al, 1995) con un importante desarrollo en los horizontes permeables que permiten la formación de excelentes acuíferos.

El estudio de la vulnerabilidad y riesgo de contaminación de los acuíferos freático y confinado en el área de estudio fue realizado por García, M.G. (op.cit.) quien, en base al cálculo del índice de vulnerabilidad propuesto por Foster (1987), llega a la conclusión que la vulnerabilidad del horizonte freático varía de alta a extrema en toda la región, lo cual es producto de su escasa profundidad -como sucede en el sector centro y este de la ciudad de San Miguel de Tucumán- o de la elevada permeabilidad de los materiales que conforman la cobertura, como sucede en el área ocupada por los abanicos aluviales. Por su parte, la vulnerabilidad del acuífero confinado resulta baja a moderada debido a su mayor profundidad y a la presencia de gruesos mantos arcillosos que actúan como barreras impermeables, impidiendo la infiltración de las sustancias contaminantes volcadas en la superficie o en la parte superior del perfil.

La existencia, sólo en la ciudad de Yerba Buena de 18.000 pozos negros, sumado a la antigüedad de la red cloacal y la falta de obras de mantenimiento sobre las mismas en un importante sector de la ciudad de

San Miguel de Tucumán, constituye la principal carga contaminante de la zona. A esto debe sumarse la incorporación de compuestos nitrogenados y fosfatados derivados de la descomposición de fertilizantes y pesticidas utilizados en áreas agrícolas vecinas, de hidrocarburos introducidos a través de fisuras existentes en tanques de almacenamiento de combustibles en las estaciones de servicio, efluentes industriales de composición variada, lixiviación de basureros clandestinos y de los cementerios ubicados en el área pedemontana y en el sector centro y este de la ciudad de San Miguel de Tucumán, donde el horizonte freático está muy próximo a la superficie.

Si bien la carga contaminante producida por un núcleo urbano tan densamente poblado como lo es el Gran San Miguel de Tucumán es elevado, la relativamente buena protección natural del acuífero confinado determina que el riesgo de contaminación del mismo sea bajo o moderado en aquellos sectores próximos a la sierra de San Javier, donde la elevada permeabilidad de los sedimentos facilita la llegada de los contaminantes a los niveles de agua más profundos. Los bajos contenidos de nitratos encontrados en las aguas de la zona, confirmarían esta hipótesis (García, M.G., 1996).

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la importante colaboración recibida de los investigadores del Centro de Transferencia en Química Aplicada (CIQ) de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, en especial a la Dra. Margarita del Valle Hidalgo.

### Bibliografía

- BOSSI, G.E. 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del valle de Choromoro (Tucumán). *Acta Geol. Lilloana*, 10: 17 - 64.
- DIRECCION PROVINCIAL DEL AGUA. Departamento de perforaciones, archivo de perfiles de pozos. Inédito.
- FALCON, C. y GARCIA, J. 1992. El agua subterránea en la ciudad de Yerba Buena, provincia de Tucumán, Rep. Arg. Proyecto Stimulus. Inédito.
- FOSTER, S.S.D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. *Proc. Intl. Conf. "Vulnerability of soil and groundwater to pollutants"*. Noordwyk, The Netherlands, april, 1987.
- GARCIA, M.G. 1996. Geología e Hidrogeología de la Cuenca Artesiana de Yerba Buena. Trabajo de Seminario. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Inédito.
- HAUPT, H. 1968. Informe preliminar "Descripción hidrogeológica de la hoja 11 f, Tucumán" (cono de deyección tucumano). Inédito. Secretaría de Minería.
- MON, R. y SUAYTER, L. 1973. Geología de la Sierra de San Javier (Prov. De Tucumán, Rep. Arg.). *Acta Geológica Lilloana* 12, 10: 155 - 168.

- RODRIGUEZ, G. 1987. Geología e Hidrogeología del borde oriental de la Sierra de San Javier entre las localidades de La Rinconada y San Pablo, Provincia de Tucumán. Trabajo de Seminario de la Facultad de Ciencias Naturales e Inst. Miguel Lillo. Inédito.
- RUIZ HUIDOBRO, O. 1960. Hidrogeología del Valle de Santa María (provincia de Catamarca) Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* 20, 1: 29 - 60. Bs. As.
- STAPPENBECK, R. 1916. El agua subterránea en el cono de deyección de Tucumán. Boletín Oficial, archivo casa de gobierno.
- TINEO, A., D'URSO, E., GALINDO, G. y FERNANDEZ, M.M. 1985. Características hidrogeológicas del borde oriental de la Sierra de San Javier. *IV Congreso Geológico Chileno (actas)*. Antofagasta, Chile.
- TINEO, A., GARCIA, J., y GALINDO, G. 1989. El agua subterránea en la ciudad de Yerba Buena, Dpto. Yerba Buena, provincia de Tucumán, R.A.
- TINEO, A., GARCIA, J., FALCON, C., RODRIGUEZ, G. y D'URSO, C. 1995. Hidrogeología del cono aluvial del Río Salí, Provincia de Tucumán, Argentina. *IX Congreso Latinoamericano de Geología*. Caracas, Venezuela. En prensa.
- TOSELLI, A., GODEAS, M. y ROSSI DE TOSELLI, J. 1975. Contribución al conocimiento petrológico del metamorfismo del basamento esquistoso de la Sierra de San Javier, Provincia de Tucumán, Argentina. *Rev. De la Asoc. Arg. de mineralogía, petrología y sedimentología*; tomo IV, nº 3 - 4 .