

ESTUDIOS GEOFÍSICOS EN LA CUENCA HIDROGEOLÓGICA DE BURRUYACU, TUCUMÁN.

Carlos M. Falcón (1) y Alfredo Tineo (2)

- (1) Cátedra de Hidrogeología - Fac. de Cs. Naturales e I.M.L. (UNT) - M. Lillo 205 -Tucumán. INSUGEO- CIUNT. TEL./FAX: 0381-4330633- email: falcon@csnat.unt.edu.ar
(2) Cátedra de Hidrogeología - Fac. de Cs. Naturales e I.M.L. (UNT) - M. Lillo 205 -Tucumán. INSUGEO-CONICET-CIUNT. TEL/FAX: 0381-4330633 - email: atineo@csnat.unt.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo plantea los resultados de estudios geofísicos realizados en la Cuenca Hidrogeológica de Burruyacu, en el sector noreste de la Provincia de Tucumán, la que con una extensión aproximada de 2.700 km², la cuenca de Burruyacu constituye unas de las regiones económicas más importantes de la provincia, con producción de cítricos, caña de azúcar, granos y carnes bovinas. Estas actividades agropecuarias son realizadas utilizando principalmente aguas subterráneas, lo que genera una fuerte demanda del recurso hídrico. Este reporte sintetiza las características hidrogeológicas de la cuenca, destacando la importancia del método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) para diferenciar ambientes hidrogeológicos en áreas con control de perforaciones y testificación eléctrica. Para ello se elaboró un modelo conceptual de los acuíferos en el sector analizado, donde es posible reconocer la presencia de tres complejos acuíferos. Los dos más profundos, a los que se designa como complejos superior e inferior, son intensamente explotados para abastecimiento humano, riego y ganadería. El tercer complejo, de carácter libre, sólo se explota con fines familiares en el área pedemontana y en Los Pereyra, en el sur de la cuenca.

Burruyacu - Prospección Geoeléctrica - Modelo Conceptual - Complejos Acuíferos

ABSTRACT

This paper describes the results of geophysical studies in the Hydrogeological Basin of Burruyacu, in the northeastern sector of the province of Tucuman. With an approximate extension of 2.700 km², it constitutes one of the most important economic regions in the province, with citrus, sugar cane, grain and beef production. These agricultural activities are carried out using mainly groundwater, which generates a strong demand for it. This report synthesizes the characteristics hydrogeological of the area, indicating the importance of the method of Vertical Electric Sounding (VES) to recognize hydrogeological environments in areas with well control and electrical log. A conceptual model of the aquifers was designed in which it is possible to recognize the presence of three aquifer complexes. The two deep ones, termed upper and lower complexes, are intensely exploited for human supply, watering and cattle-raising. The third complex, of free character, is only used for domestic consumption in the area of the piedmont and in Los Pereyra, in the south of the basin.

Burruyacu – Geoelectrical Prospecting - Conceptual Model - Aquifer Complexes

INTRODUCCION

La Cuenca Hidrogeológica de Burreyacu tiene una superficie aproximada de 2.700 km² y se extiende desde el borde oriental de las sierras de La Ramada y Del Campo, hasta sobrepasar el límite interprovincial con Santiago del Estero por el este y entre el Río Urueña al norte (Fig. N° 1) y el alto estructural de El Espinillo-Cañetes-Tacanas al sur, conocido con el nombre de Dorsal de Tacanas (Tineo et al., 1998).

La ruta Provincial N° 304 es la principal vía de acceso al área, comunicando San Miguel de Tucumán con La Ramada y Burreyacu (Figura N° 1). Existen además numerosas rutas secundarias y caminos vecinales que recorren el área. Las poblaciones situadas en el piedemonte y llanura vecina hacen uso intensivo de las aguas subterráneas para abastecimiento humano. El constante aumento del área sembrada, la irregularidad de las precipitaciones y un insuficiente sistema de riego superficial que solo abarca al área cañera, ha motivado que en los últimos años, organismos oficiales y empresas privadas del medio realicen numerosas perforaciones profundas para satisfacer la demanda de agua.

CLIMA

El área se ubica en una región climática subtropical continental, con regímenes de elevadas temperaturas en verano y bajas temperaturas en invierno y una gran amplitud térmica entre ambas estaciones. Su distribución está íntimamente vinculada a los efectos topográficos, con una media anual entre 18°C y 20°C.

El régimen de precipitaciones es cuasi-monzónico, con un máximo para primavera - verano con el 85 % de las precipitaciones anuales y un mínimo para otoño - invierno con el 15% restante (Minetti et al., 1975) Las precipitaciones varían desde el área montañosa, con 900-1.000 mm anuales, hasta 500 mm anuales en la zona de límite con Santiago del Estero.

GEOMORFOLOGIA

Para el área considerada se reconocen tres regiones geomorfológicas con características distintivas (Fig. N° 1):

Área serrana: comprende las sierras Del Campo y La Ramada, con altitudes máximas de 2.000 y 1.160 m.snm respectivamente, las que con una orientación submeridiana están desplazadas a lo largo de una falla diagonal por la que escurre el río Tajamar o Cajón. El faldeo occidental de las sierras es angosto y abrupto mientras que el oriental es más suave.

Llanura Ondulada: desarrollada entre el área montañosa y la llanura deprimida, se extiende entre los 700 y 500 m.snm. Constituye una superficie suavemente ondulada, con un gradiente medio entre el 1% y el 5%. Su límite oriental estaría dado por un escalón tectónico al que Vergara y otros (1990) denominan "Falla de La Ramada de Abajo" y que se extiende de norte a sur, entre las localidades de El Tajamar, Taruca Pampa y la Ramada de Abajo; al sur de esta última se ensancha al este, en dirección a Taco Pata, El Espinillo, Los Pérez y El Pericón, dando origen a extensos cañadones transversales a la estructura.

Llanura deprimida: desarrollada entre las cotas de 500 y 275 m.snm, limita al oeste con la llanura ondulada y hacia el este-sudeste penetra en la provincia de Santiago del Estero. En ella se distinguen rasgos geomorfológicos que hablan de condiciones climáticas distintas a las actuales. Los numerosos paleocauces que surcan la llanura indican la existencia de una red de drenaje jerarquizada en otro momento del Cuaternario (Holoceno?). Ejemplo de ello

es el río Tajar que ha barrido desde una posición original noroeste-sudeste a su actual posición oeste-este, generando un amplio abanico aluvial en la llanura (Tineo et al., 1991).

ESTRATIGRAFIA

En los núcleos de las sierras afloran filitas y pizarras de coloración verde grisácea con profusa venación de cuarzo de la Formación Medina, del Precámbrico Superior - Paleozoico Inferior (Mon, 1971). Le continúan en discordancia afloramientos aislados de brechas y areniscas conglomerádicas y arcilitas de coloración rojiza de la Formación La Yesera, de edad Cretácico Inferior-Medio. La sección basal intercala cuerpos basálticos olivínicos de escaso desarrollo (Fig. N° 1).

Le continúan areniscas calcáreas, limolitas y margas verdes con yeso de la Formación Río Salí, del Mioceno (Ruiz Huidobro, 1960). Compactas y de baja permeabilidad son calificadas como el "basamento hidrogeológico" de la cuenca.

El Terciario Superior presenta arenas finas a medianas cuarzosas, con intercalaciones de limos y arcillas castañas. Aunque no está bien definida en superficie, debido a los escasos afloramientos encontrados en lomadas cubiertas por sedimentos cuaternarios, el Plioceno se ha determinado en perforaciones profundas de la cuenca formando importantes reservorios de agua.

Culmina la columna con depósitos aluviales, coluviales y sedimentos loésicos del Cuaternario.

GEOFISICA:

La Cuenca Hidrogeológica de Burruyacu ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación geofísica para la determinación y evaluación del recurso hídrico subterráneo.

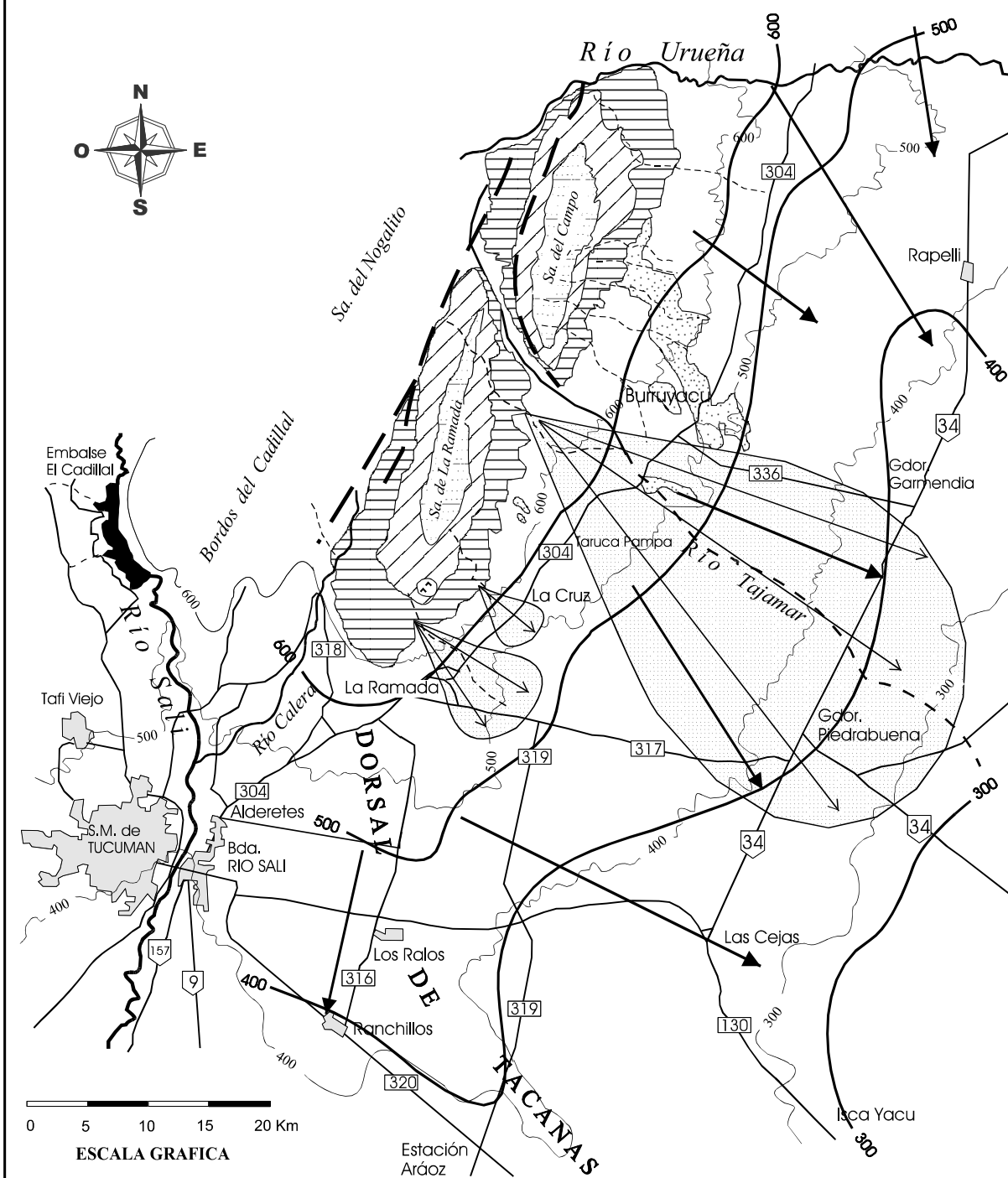
Entre los años 1994 y 1996 la Cátedra de Hidrogeología de la UNT realiza estudios geoelectrónicos puntuales en la Cuenca de Burruyacu (Tineo y Ponti, 1994-1996). Posteriormente (Falcón, 2004), se realizaron estudios geoelectrónicos profundos en el extremo sur de la llanura, que permitieron proponer un modelo hidrogeológico donde se reconoce la existencia de tres Complejos Acuíferos, con características eléctricas, hidráulicas e hidroquímicas particulares.

El presente trabajo se programó para complementar la información del subsuelo brindada por perforaciones y registros eléctricos de pozos, posibilitando determinar la existencia de horizontes acuíferos económicamente explotables, su profundidad y espesor.

La información de los SEV se procesó con programas de interpretación automática para lograr un mejor ajuste de las curvas de campo (modelo geoelectrónico) para el dispositivo Schlumberger, tetraelectrónico, empleando los filtros de Gutasarma, Byson y Johansen (Programa E-Lander y Modelón). Las curvas de campo se interpretaron con los programas RESIX - PLUS (v. 2.26) e IPI2WIN (v. 2.0). En este proceso se contó con el valioso aporte del Ing. Norberto Ponti de la Universidad Nacional de San Juan.

A partir de los cortes eléctricos resultantes se elaboraron tres secciones geoelectrónicas, dos en sentido norte-sur y una en sentido oeste-este (Fig. N° 2) donde se aprecia la distribución y el comportamiento de los complejos acuíferos, desde la zona pedemontana hasta la llanura.

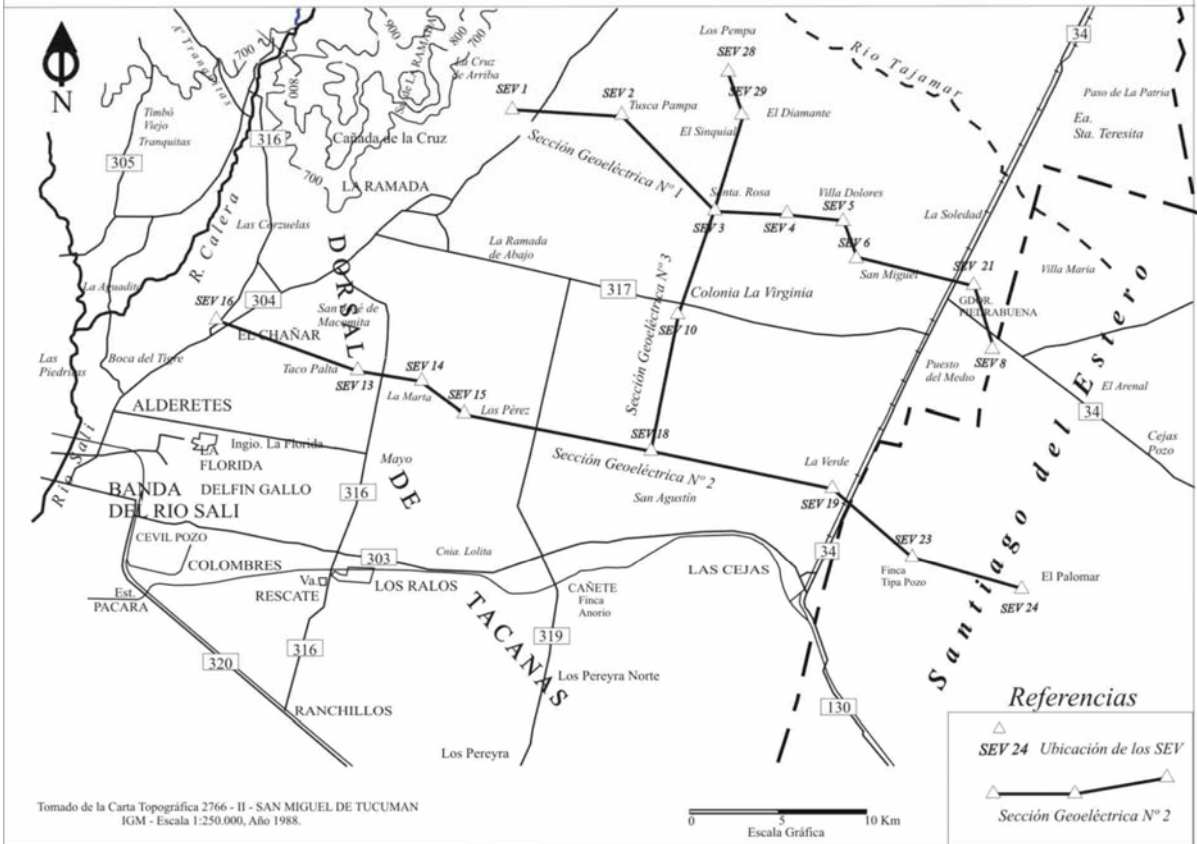
CUENCA HIDROGEOLOGICA DE BURRUYACU



MAPA DE UBICACION		REFERENCIAS		EDAD	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y LITOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y LITOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS
		 Ruta provincial	 Ríos	 Cuaternario	 LOES, ARCILLAS, LÍMOS Y ARCILLAS	 ABANCO ALUVIAL	 ALTA PERMEABILIDAD PRIMARIA
		 Ruta nacional	 Arroyos	 Terciario	 ARCILLITAS, MARGAS, ARENASCAS, YESO Y CALCAREOS	 AREA SERRANA	 BAJA A MEDIANA PERMEABILIDAD PRIMARIA
 Población	 Fallas	 Cretácico	 BASALTOS OLIVINICOS	 AREA SERRANA	 BAJA PERMEABILIDAD SECUNDARIA		
 Curva de nivel topográfico	 Curvas isopiezas	 Paleozoico Interior	 CONGLOMERADOS, ARENASCAS Y ARCILLITAS.	 AREA SERRANA	 BAJA PERMEABILIDAD SECUNDARIA		
 Curva de nivel topográfico	 Lineas de Flujo	 Precámbrico Superior	 ROCAS METAMORFICAS DE BAJO GRADO CON VENAS DE CUARZO	 AREA SERRANA	 BAJA PERMEABILIDAD SECUNDARIA		

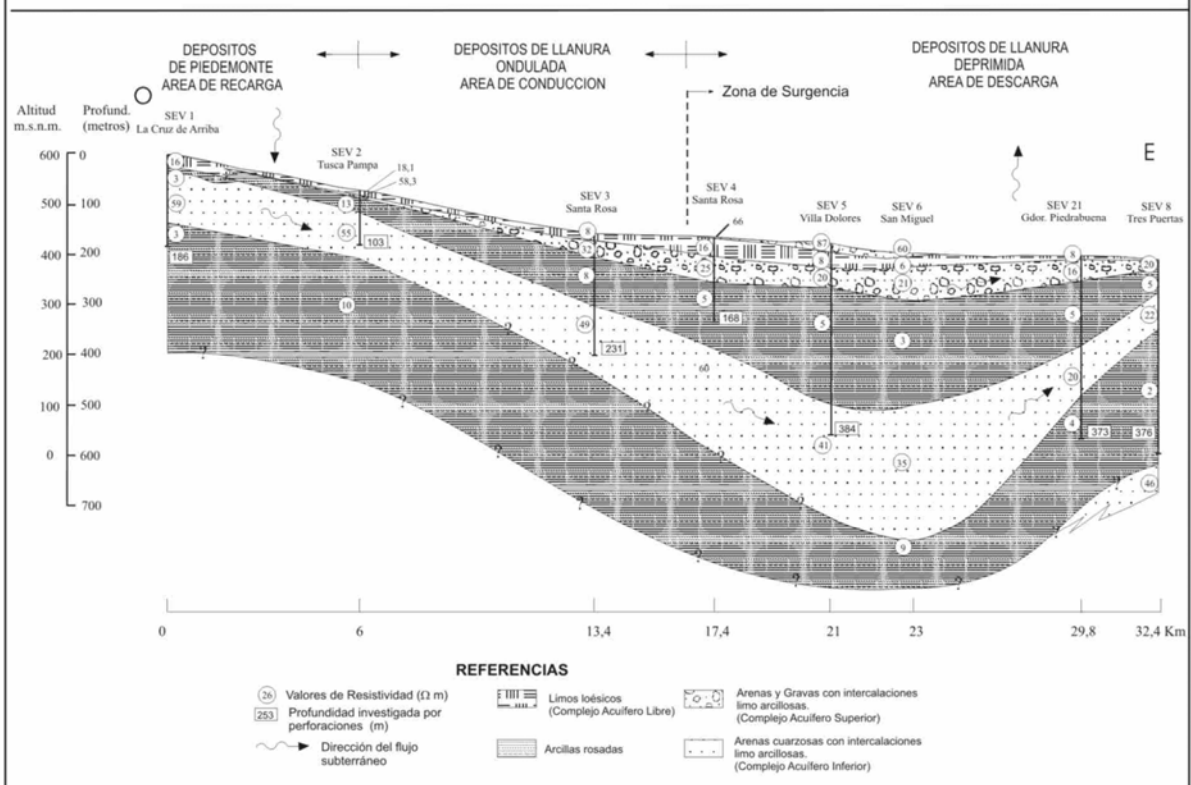
(Fig. N° 1)

MAPA DE UBICACION DE SEV Y SECCIONES GEOELECTRICAS EN EL AREA DE ESTUDIO



(Fig. N° 2)

Sección Geoelectrica N° 1



(Fig. N° 3)

Sección Geoeléctrica N° 1 (Fig. N° 3): En ella se aprecia un primer horizonte de resistividad entre 6 y 18 Ω .m y espesor entre 1 y 26 m, que se interpreta como un paquete limo-loésico, donde se emplaza el acuífero Libre. Entre los SEVs N° 4 y 6, por encima de esta capa se observa un paquete de alta resistividad (60 a 80 Ω .m) y poco espesor, que corresponde a material granular grueso de un antiguo derrame del río Tajamar.

Por debajo, se desarrolla el Complejo Acuífero Superior, a profundidades crecientes de oeste a este, entre 1 y 60 m. Su resistividad decrece de 58 Ω .m al oeste a 20 Ω .m al este. A continuación se desarrolla un importante paquete limo-arcilloso con espesores que alcanzan los 200 m y resistividades promedios de 5 Ω .m. En la posición del SEV N° 6 se observa la máxima profundización de los depósitos, para elevarse nuevamente al este, destacando un alto estructural norte-sur. A continuación se desarrolla el complejo acuífero inferior con resistividades que disminuyen de oeste a este de 59 a 20 Ω .m, es respuesta a una granulometría más fina y un desmejoramiento de la calidad de las aguas.

Sección Geoeléctrica N° 2 (Fig. N° 4): Se extiende entre el piedemonte de la sierra de La Ramada al oeste y la llanura deprimida al este. Al oeste, se reconoce un ambiente de lomadas con predominio de materiales finos en el SEV N° 16, donde se destaca el complejo acuífero libre con resistividades de 17 Ω .m. Le continúa un horizonte de 5 y 9 Ω .m de resistividad, que se interpreta como limo-loésico. Con una potencia superior a los 50 m, se extiende continuamente entre los SEVs N° 16 y 24.

Hacia el este, en los SEVs N° 13 y 15 que marginan a la Dorsal de Tacanas, se determinan depósitos de gravas gruesas que alcanzan los 215 Ω .m para el SEV N° 13 y 195 Ω .m para el SEV N° 15. Estos fueron determinados a profundidades superiores a los 200 m, entre horizontes limo-arcillosos de resistividades entre 3 y 4 Ω .m. El SEV N° 14, emplazado en la zona de la Dorsal de Tacanas, presenta espesos depósitos limo-arcillosos de 3 Ω .m de resistividad, que superan los 200 m de potencia y sirven de límite a los dos complejos.

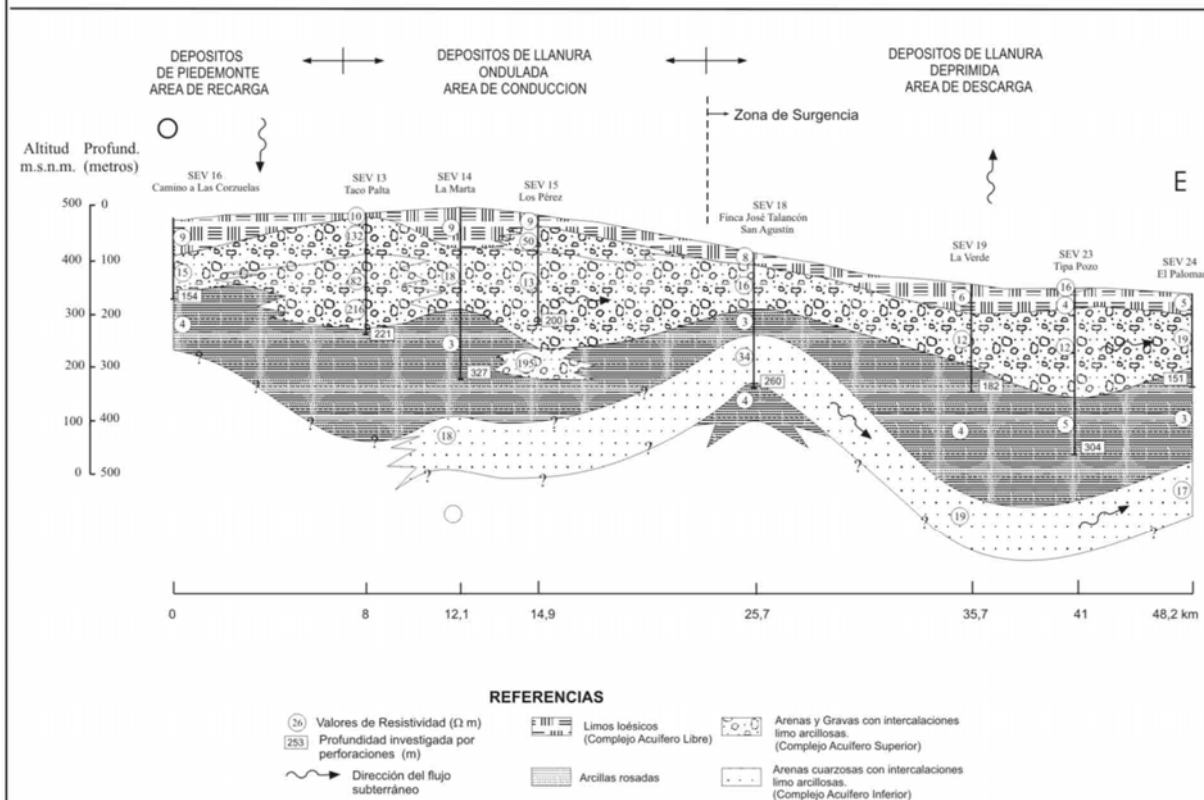
Al este de la dorsal y luego del SEV N° 15, vuelven las condiciones indicadas para la cuenca, con la presencia de dos complejos acuíferos; el superior con resistividades de 12 a 19 Ω .m y espesores crecientes hacia la posición de un depocentro en el SEV N° 23 y el complejo inferior, con resistividades de 18 Ω .m y base no visible. Ambos complejos están separados por un potente paquete limo-arcilloso de resistividad 4 Ω .m. En la posición del SEV N° 18, se observa una elevación de la secuencia, destacando una dorsal intracuenal.

Sección Geoeléctrica N° 3 (Fig. N° 5): Se reconoce la presencia del modelo antes descrito con 2 complejos acuíferos profundos, el superior con resistividades entre 16 y 32 Ω .m a profundidades máximas de 150 m y el inferior con resistividades comprendidas entre 16 y 49 Ω .m y base no visible. Ambos complejos están separados por un paquete limo-arcilloso de resistividad entre 3 y 8 Ω .m. En la posición del SEV N° 29, se distingue un horizonte resistivo, compuesto por arenas y gravas de 213 Ω .m de resistividad, que correspondería a un antiguo relleno de cauce del río Tajamar.

HIDROESTRATIGRAFIA

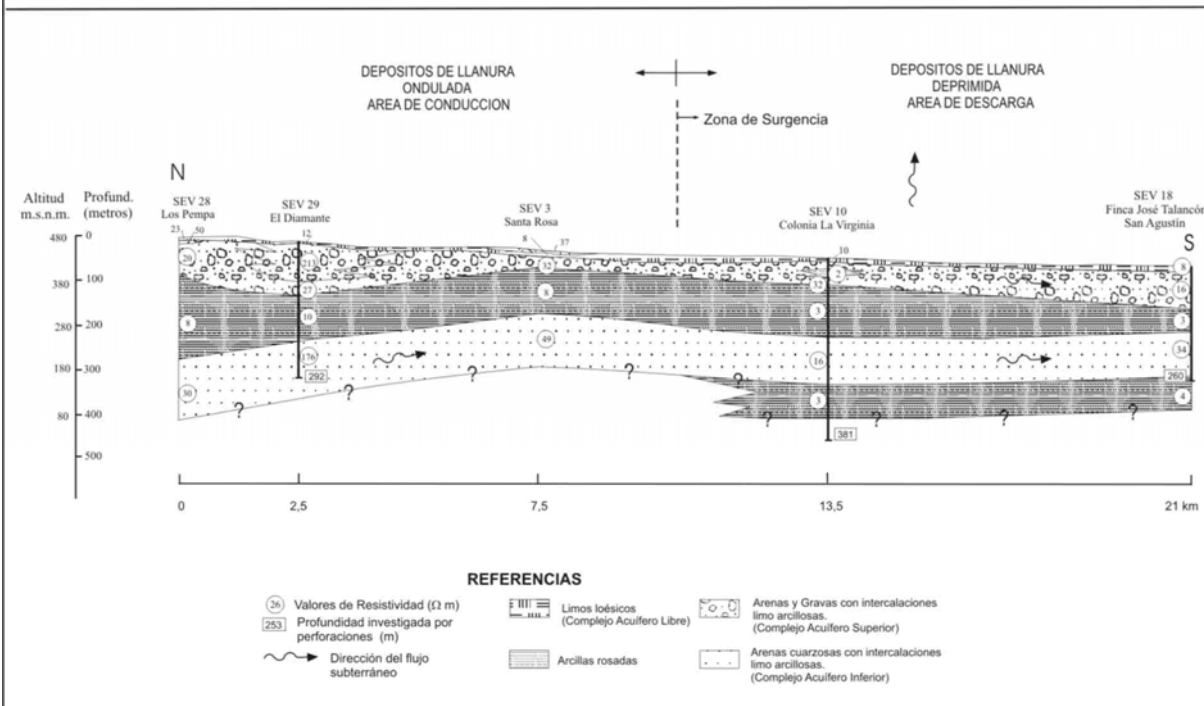
La información aportada por los SEV permitió proponer la existencia en el subsuelo de la Cuenca Hidrogeológica de Burruyacu de cuatro unidades hidrolíticas (Falcón, 2004), centrando el interés en las unidades acuíferas de carácter semiconfinado y confinado que en algunos sectores se explotan en conjunto como capas múltiples, reconociéndose respectivamente un Complejo Acuífero Libre, un Complejo Acuífero Superior, un Complejo Acuífero Inferior o Plioceno y una unidad acuíclada o Basamento Hidrogeológico.

Sección Geoeléctrica N° 2



(Fig. N° 4)

Sección Geoeléctrica N° 3



(Fig. N° 5)

Unidad Río Salí o Basamento Hidrogeológico.

En los bordes de cuenca, los afloramientos de la Formación Río Salí presentan areniscas calcáreas compactas, limolitas y margas verdes con venillas de yeso. Su carácter compacto, la baja permeabilidad primaria y el abundante material salino que acompaña a sus depósitos, nos permite calificarla como el “Basamento Hidrogeológico” de la cuenca. Su techo ha sido determinado en perforaciones de la zona pedemontana entre los 60 y 106 m de profundidad. En la Dorsal de Tacanas, ha sido reconocida a 70 m de profundidad, con 257 m perforados de arcilla colorada y tosca. Sondeos paramétricos realizados en afloramientos de la sierra de La Ramada arrojaron valores de 2,5 a 3 Ω .m.

Complejo Acuífero Inferior o Plioceno.

El Complejo Acuífero Inferior se apoya en la Formación Río Salí, tal como se observa en afloramientos y perfiles de pozos. La explotación de acuíferos en contacto con esta unidad implica que sus aguas tendrán elevados contenidos de sales disueltas. Sus depósitos están ligados a lo que originalmente Beder (1928) denominó Terciario Subandino. Se correlacionaría con la Formación India Muerta definida por Bossi (1969) en el Valle de Tapia-Trancas en el tramo inferior del Río Vapos de edad Plioceno.

En la zona pedemontana presenta niveles negativos y excelentes caudales de producción. En la llanura se localiza a más de 200 m de profundidad, con resistividades de 20 a 60 Ω .m. Allí abastece de agua a numerosas poblaciones como Las Cejas, El Palomar, Puesto del Medio, Cejas Pozo, El Arenal, y Gobernador Garmendia entre otras y se utiliza principalmente para ganadería por su bajo rendimiento espontáneo y la facilidad de explotación por surgencia. Hacia el límite con Santiago del Estero, el acuífero presenta fenómenos geotérmicos, con temperaturas que varían entre 33°C y 37°C. Un potente horizonte limo-arcilloso rosado lo separa del complejo acuífero superior.

Complejo Acuífero Superior o Profundo.

A fines del Terciario, la depresión ubicada al este las sierras se fue rellenando con importantes horizontes múltiples de conglomerados, gravas y arenas, en depósitos fluvio-coluviales. Aquí se emplaza el Complejo Acuífero Superior, que asignamos al Pleistoceno Medio-Superior, en profundidades inferiores a los 150 m y sobre un potente horizonte limo-arcilloso rosado que lo separa del complejo acuífero inferior. El método eléctrico lo determina con valores de 10 a 60 Ω .m, pudiendo alcanzar resistividades superiores a 100 Ω .m en la zona de piedemonte, donde participan en su constitución gravas gruesas. Su calidad química y sus rendimientos son excelentes.

Los rendimientos del acuífero varían entre 100 y 300 m³/h y los caudales específicos entre 7 y 10 m³/h/m. Las transmisividades obtenidas establecen claras diferencias entre ambos complejos. Para el complejo superior se determinaron valores de 500 a 1500 m²/dia y para el complejo inferior valores de 20 a 300 m²/dia.

Complejo Acuífero Libre o Freático.

Desarrollado en materiales limo loésicos castaños de 5 a 30 m de espesor, presenta frecuentes apariciones de niveles de ceniza volcánica, tosca y arenas finas intercaladas. Su explotación se restringe al sector pedemontano de las sierras de La Ramada y Del Campo y a Los Pereyra. En la zona de llanura la aparición de este acuífero se restringe a los paleocauces del río Tajamar.

Posee una mediocre calidad físico-química y bacteriológica, con F, As y otros oligoelementos en tenores elevados, que hacen desaconsejar su explotación para bebida (Nicolli et al., 2001). Los STD y la CE promedios superan los 1.100 mg/l y 1.400 μ mhos/cm respectivamente. Las aguas son bicarbonatadas y sulfatadas sódico-cálcicas. Martín (1998) reconoce para el sector noroccidental de Santiago del Estero la existencia de este acuífero y lo equipara con la Formación Pampa (Fregüelli, 1920) del Cuaternario. Sería además equivalente a la Formación Tucumán (Bonaparte y Bobovnikov, 1974) del Pleistoceno tardío.

HIDRODINAMICA

El trazado de las curvas isopiezas en la cuenca de Burruyacu se adapta en general a la morfología del terreno, con una disposición aproximada noreste-sudoeste.

El área de recarga principal se localiza al oeste, en el piedemonte de las sierras de La Ramada y Del Campo, entre las cotas de 500 y 600 m.snm, donde la piezometría destaca niveles estáticos profundos entre 580 y 680 m.snm. Se observan condiciones particulares en el sector norte, donde las isopiezas destacan la presencia de una importante área de aporte proveniente del río Uruña.

En la zona central se distingue otra importante área de aporte dada por el abanico aluvial del río Tajamar, que constituye el elemento geomorfológico destacado de la llanura.

La zona de descarga se ubica al este de la isopieza de 500 m.snm, en el sector central y oriental del área considerada. Allí se emplazan las perforaciones más profundas y productivas de la cuenca, con surgencia asociada a fenómenos de termalismo.

Al sudoeste, la Dorsal de Tacanas queda manifiesta por la inflexión en el trazado de las curvas isopiezas. La misma, como ya se señalara, separa en la llanura oriental de Tucumán la cuenca hidrogeológica de Burruyacu al norte de la del Río Salí al sur.

CONCLUSIONES

- La información litológica y eléctrica de las perforaciones apoyada en la interpretación de los sondeos eléctricos verticales profundos permite establecer un modelo conceptual para la Cuenca Hidrogeológica de Burruyacu, donde se destaca la presencia de tres complejos acuíferos; los dos más profundos formados por horizontes resistivos múltiples.

- Restringido al sector pedemontano de las sierras de La Ramada y Del Campo y en Los Pereyra, se desarrolla el complejo acuífero libre, entre los 5 y 30 m de profundidad. Compuesto por limos loésicos con intercalaciones de arenas finas, los métodos eléctricos lo determinan con resistividades de 8 a 16 Ω .m. La presencia de F, As y otros oligoelementos en elevados tenores para consumo humano, nos hacen desaconsejar su uso para bebida.

- El complejo acuífero superior, compuesto por arenas y gravas gruesas de elevada permeabilidad, está bien desarrollado en el piedemonte y la llanura deprimida. En el subsuelo se lo identifica por sus elevados valores de resistividad, con máximos de 150 Ω .m. Su límite superior está dado por la aparición de un paquete de limos y loess y su límite inferior por arcillas de elevada conductividad eléctrica. Presenta espesores variables, con máximos de 150 m y excelentes caudales de producción. En el piedemonte abastece a las principales poblaciones con aguas aptas para todo uso.

- El complejo acuífero inferior, constituido por gravas y arenas cuarzosas finas a medianas, de resistividades entre 20 y 60 Ω .m, encuentra su mejor expresión en la llanura deprimida

por debajo de los 200 m. Allí, su elevada presión de confinamiento permite explotarlo por surgencia natural. La surgencia está acompañada por termalismo, con temperaturas máximas superiores a 40°C. Presenta permeabilidad y transmisividad claramente inferiores a las del complejo superior, con aguas aptas para consumo humano, riego y ganadería.

- El modelo planteado para la cuenca hidrogeológica de Burruyacu, controlado mediante técnicas geofísicas que permiten mejorar la correlación de los horizontes acuíferos, puede ser extrapolado con éxito a otras regiones del Noroeste Argentino con características geológicas, morfoestructurales y climáticas similares, como la cuenca hidrogeológica del río Salí en Tucumán, la región Subandina de Salta y el oeste de Santiago del Estero.

Agradecimientos

Los trabajos de campo contaron con la valiosa colaboración de los geólogos Jorge García y Carlos D'Urso de la Cátedra de Hidrogeología de la UNT.

BIBLIOGRAFIA.

- Beder, R.** 1928. La sierra de Guasayán y sus alrededores. Publicación Nº 39. Dirección general de Minería y Geología e Hidrogeología de la Nación. Buenos Aires.
- Bonaparte, J. F. y J. Bobovnikov.** 1974. Algunos fósiles pleistocénicos de la provincia de Tucumán y su significado estratigráfico. Acta Geológica Lilloana. XII (11): 169-188. Tucumán.
- Bossi, G.E.** 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del Valle de Choromoro. Acta Geológica Lilloana. X (1): 19-64. Tucumán.
- Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.** 2004. Archivos del Departamento de Agroclimatología. Tucumán. (Inédito).
- Falcón, C.M.** 2004. Hidrogeología del extremo sudoriental de la Sierra de La Ramada y llanura adyacente, provincias de Tucumán y Santiago del Estero". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT (Inédita).
- Fregüelli, J.** 1920. "Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos" Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. I (24): 55-57. Córdoba.
- Martín, A.** 1998. Hidrogeología de la región chaqueña semiárida de Santiago del Estero. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT. (Inédita).
- Minetti, J.L.** 1975. El régimen pluviométrico de la provincia de Tucumán - 3º Parte. Publicación Miscelánea 57. Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Mon, R.** 1971. Estructura geológica del extremo austral de las sierras Subandinas. Provincias de Salta y Tucumán, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina. XXVI (2): 209-220. Buenos Aires.
- Nicolli, H., A. Tineo; C.M. Falcón y M.H. Merino.** 2001. Movilidad del arsénico y otros oligoelementos asociados en aguas subterráneas de la cuenca de Burruyacu, provincia de Tucumán, República Argentina. In: Medina, A.; J. Carrera y L. Vives (Eds.) Congreso Las Caras del Agua Subterránea I: 27-33. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Ruiz Huidobro, O.** 1960. El horizonte calcáreo-dolomítico en la provincia de Tucumán. Acta Geológica Lilloana. III: 147-171. Tucumán.
- Tineo, A.; C. Falcón; J. García; C. D'Urso y G. Rodríguez.** 1998. Capítulo de Hidrogeología. Libro Geología de Tucumán. Pub. Esp. Col. de Geólogos de Tucumán. 2º Ed.: 259-274. Tucumán.
- Tineo, A.; J.W. García y C.M. Falcón.** 1991. El cono aluvial del río Cajón, provincia de Tucumán. Actas VI Congreso Geológico Chileno. I: 373-422. Viña del Mar.
- Tineo, A. y N. Ponti.** 1994-1996. Estudios hidrogeológicos estancias San José, Paso de La Patria, El Azul, Los Pempas, El Diamante, Dumit, Prebrin y Santa Teresita. Departamento Burruyacu, provincia de Tucumán. (Inéditos).
- Tineo, A.; C.M. Falcón y N. Ponti.** 1999. Aplicación de técnicas geofísicas en la cuenca hidrogeológica de Burruyacu, provincia de Tucumán. Jornadas de aplicación de técnicas geofísicas en hidrología subterránea. I: 163-167. Granada.
- Vergara, G.A.; E. De La Vega y M.T. Balegno.** 1990. Hidrogeología de la llanura oriental del departamento Burruyacu en la provincia de Tucumán. XIV Congreso Nacional del Agua. I: 312-331. Córdoba.