

Caracterización hidrogeológica de la Planicie Loésica en el damero urbano de la ciudad de Añatuya, Provincia de Santiago del Estero.

Raúl A. Martín¹, Juan M. Thir², Ángel del R. Storniolo³, Walter M. Trejo⁴, Marcela E. Terribile⁵, Teófilo A. Neme⁶.

(1) (2) (3) (4) (5) (6) *Departamento de Geología y Geotecnia, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*

ramartin@yahoo.com.ar

thir@unse.edu.ar

arstorniolo@yahoo.com.ar

waltermariotrejo@yahoo.com

marceter@gmail.com

teoalberto@yahoo.com.ar

RESUMEN: La ciudad de Añatuya, en la provincia de Santiago del Estero, ubicada sobre la “Llanura Chaco Paranaense”, se caracteriza por la presencia de bañados, asociados a una Planicie Loésica. El flujo subterráneo del acuífero libre está controlado por los factores geomorfológicos y topográficos, observándose variaciones hidráulicas, que responden a patrones geomorfológicos fluviales, generados por derrames del Río Salado, formados por una alternancia de limos, arcillas y arenas muy finas. Los valores hidráulicos calculados para el acuífero freático, determinaron diferentes parámetros que caracterizan las condiciones hidrogeológicas generales del área; reflejando una formación porosa de baja transmisividad hidráulica y un coeficiente de almacenamiento que son propios de los sistemas saturados libres. El valor k 9.8 m/día, refleja un acuífero caracterizado por sedimentos depositados en un ambiente de baja energía, con porosidad secundaria. El coeficiente de almacenamiento (S) coincide con el valor de la porosidad eficaz, de 0,002, con un valor de transmisividad media de 8,8 m²/día. En la formación acuífera la conductividad hidráulica, el almacenamiento específico o capacidad específica y el espesor saturado, mantienen una respuesta hidrogeológica homogénea, significando que la porosidad, conductividad hidráulica y otros parámetros son similares en cualquier posición dentro de esta unidad geohidrológica.

1 OBJETIVOS

Determinar los diferentes parámetros que caracterizan las condiciones hidrogeológicas de la Planicie Loésica como base para su utilización en obras civiles para infraestructura urbana.

2 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Añatuya se ubica en Región Noroeste de Argentina, sobre la intersección de las Rutas Provinciales N° 92 y 21 en la provincia de Santiago del Estero a 181 Km al Sudeste de la Capital provincial (S 28° 27' 37" y O 62° 50' 02", con una altitud de 110 msnm) a 6 Km de la margen izquierda del Río Salado, conforma el principal centro urbano del Departamento General Taboada. Se caracteriza por su geografía de llanura, escasa vegetación y presencia de humedales que hacen posible el desarrollo de las especies autóctonas.

3 METODOLOGIA

La recopilación de información relacionada con el estudio consistió en la revisión de literatura técnica del área de interés relacionada con el

medio biológico y físico: geología, clima, suelos, vegetación, uso de la tierra. Durante esta etapa se definió el área geográfica y seleccionaron los grupos taxonómicos de interés.

Mediante el análisis visual de las texturas y colores de imágenes de satélite, especialmente de agua y vegetación, se determinaron los lineamientos geológicos.

La delineación práctica de paisajes se ejecutó a partir del examen de la expresión fotográfica de las propiedades morfológicas emergentes (tono/color, patrón, moteado y textura). El nivel de detalle alcanzado en la conformación de los paisajes está sujeto a la resolución espacial de las imágenes en uso y a la escala de representación cartográfica final.

El análisis de Imágenes satelitales LANDSAT TM 5 y 7 procesadas para usos agropecuarios ARGSERVER de la CONAE (Satélite L7 Path/Row 229-80 – 09/03/2002 Bandas 347 y 752), hoja topográfica escala 1:250.000 (Instituto Geográfico Militar) y una fotografía aérea escala 1:80.000 (4D -209-5093- año 1972), sirvió de

base para producir la cartografía geomorfológica e hidrogeológica del Cuaternario. Los trabajos de campo se realizaron en la región comprendida entre la margen izquierda del Río Salado y la ciudad de Añatuya.

Se realizó una carta de unidades morfogénicas definidas como: 1a Planicie Loéssica, 2a Bañado de Añatuya, 2b Llanura Aluvial Actual del Río Salado y 2c Llanura Aluvial Antigua, Fig. 2, Convenio Bajos Submeridionales (1984).

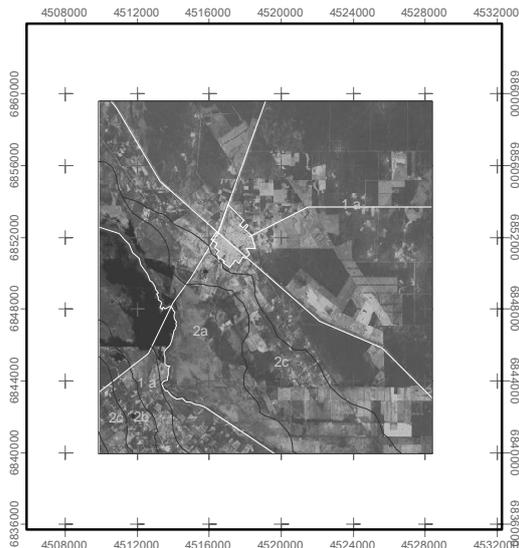


Figura 2. Unidades Geomorfológicas

Las Unidades fueron reconocidas de acuerdo a criterios puramente morfogénicos (aluvial, eólico, fluvial), y subunidades en función de la ubicación de la geoforma en relación a la cuenca (proximal, distal) o a características de su altura en el relieve (bajo, altos).

4 GEOLOGÍA REGIONAL

Por las condiciones estratigráficas, la región se encuentra comprendida dentro de la Unidad Geológica "Llanura Chaco Paranaense". Desde el punto de vista de las interrelaciones complejas entre procesos geomorfológicos y sistemas biológicos, es una zona caracterizada por la presencia de bañados, ambientes que han existido durante los períodos climáticos húmedos del Cuaternario. Los afloramientos observados en toda la región corresponden al Cuaternario y en mayor parte al Holoceno.

La existencia de actividad tectónica Cuaternaria caracterizada por movimientos de reactivación de las fracturas del basamento, provocaron modificaciones en las redes hidrográficas pleistocenas a lo largo de esa Era. Considerando causas tectónicas y climáticas es posible encontrar evidencias de depósitos del Cuaternario Medio o Inferior como consecuencia de la erosión

que afecto las áreas positivas. El resultado final de los sistemas geomórficos, es el modelado reciente de las unidades aflorantes no más antiguas que el Cuaternario Medio.

5 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

La región de estudio abarca una superficie aproximada de 756 Km², con una altura promedio es de 107 msnm y altitudes máximas y mínimas comprendidas entre los 112 y 104 msnm en el sector NNO y SSE respectivamente; en una distancia de 28.000 metros se observa una pendiente media de 0.028%. Es una región caracterizada por una amenaza ambiental; los derrames temporarios del río Salado.

Los paisajes originales en la actualidad muestran diversos grados de alteración por acción humana. Están compuestos por un mosaico de fragmentos de vegetación natural, agrosistemas y etapas de sucesiones de ambos. En este contexto, las distintas unidades geomorfológicas hacen referencia a espacios territoriales amplios, conformados por coberturas vegetales naturales y transformadas, con frecuencia expresadas como naturales en imágenes de sensores remotos de antigua data.

La observación y análisis integrado de tales elementos permitió la identificación, delineación y caracterización de unidades geomorfológicas homogéneas resultantes de distintos procesos morfodinámicos que pueden describirse en términos de: material litológico, características climáticas, morfológicas, y edad, dentro de las cuales puede esperarse una alta homogeneidad edafológica, así como una cobertura vegetal y el uso de la tierra. Destacándose en este estudio, los aspectos morfogénicos de la Planicie Loéssica.

5.1 Planicie Loéssica

Esta unidad presenta como características distintivas una gran uniformidad en su relieve debido a la escasa pendiente y la poca intensidad con que actúan los factores climáticos, generan que los procesos formadores del relieve se manifiestan débilmente. Esta geoforma constituye una importante fracción del gran cono de deyección del Río Salado, resultando el responsable del modelado y la formación de gran parte de la Llanura Chaco Santiagueña. En la antigüedad, probablemente este río desembocaba en el Río Bermejo, posteriormente por procesos de la neotectónica fue divagando hacia el Sur favorecido por la suave pendiente de la llanura hasta tomar su cauce actual, generando una serie de cauces abandonados.

En esta red de cauces encontramos algunos casos cubiertos por sedimentos finos del tipo limos loéssicos y limos arcillosos. Aquellos sectores donde la actividad antrópica no modifico estas

características naturales se encuentran ocupados por una vegetación de pastizales aibe (*Elionorus muticus*) y ocasionalmente por leguminosas y leñosas invasoras como brea, tusca, chañar, etc (*Cercidium australe*, *Acacia aroma*, *Geoffroea decorticans*). Otros cauces presentan desde la superficie materiales arenosos finos a muy finos de color pardo rojizo. Esta coloración común en los suelos de influencia del Río Salado, constituyen un redépósito de sedimentos del Terciario Subandino.

El horizonte edáfico de los bosques que ocupan los paleointerfluvios está constituido por limos y limos arenosos finos de origen eólico depositados en periodos rexistásticos secos distintos de las condiciones climáticas actuales y redepositados en el cuaternario por procesos fluviales.

Los suelos son poco evolucionados con gran uniformidad respecto a las características morfológicas del perfil edáfico. Los asociados a los paleocauces se han desarrollado sobre materiales aluviales con textura de arena fina a muy fina. En algunos sectores se observa indicios de erosión hídrica laminar o mantiforme caracterizada por la destrucción del manto superficial de textura media.

Los sedimentos de la cuenca del Salado consisten en un redépósito de materiales con un cierto contenido de sales, relacionados posiblemente a un periodo de extrema aridez, constituidos por una granulometría fina a muy fina (limo y arcilla). Las aguas de precipitaciones que se infiltran se salinizan notablemente.

En el Sector Sur de esta Unidad geomorfológica se encuentra implantado el Ejido municipal de la Ciudad de Añatuya coincidente además con el sector norte de la Llanura Aluvial Antigua.

6 HIDROLOGIA SUBTERRANEA

El área del estudio hidrogeológico, comprendida dentro del ejido municipal de la Ciudad de Añatuya, por sus características geomorfológicas, geológicas y estratigráficas presenta propiedades físico-químicas en el acuífero libre, el que naturalmente está relacionado con los sedimentos que constituyen la formación geológica saturada.

Existe una estrecha relación entre la morfología y la hidrogeología; las componentes del flujo subterráneo están controladas por los factores geomorfológicos y topográficos existiendo un mayor tiempo contacto del agua con los sedimentos acuíferos.

El acuífero libre dentro de la estratigrafía del Cuaternario, en especial de la Planicie Loésica, presenta variaciones sedimentológicas verticales y horizontales que responden a anomalías morfológicas del Río Salado, ocurridas en tiempos geológicos modernos de edad Plio-

Pleistocenas. Las variaciones positivas del almacenamiento de esta formación geológica saturada, está relacionada con las precipitaciones y la acción antrópica, Thir J, Trejo W. (1993)

6.1 Censo de Pozos y Perforaciones

Con el propósito de tener un conocimiento de las características hidrogeológicas de la Planicie Loessica dentro del ejido municipal de la ciudad de Añatuya, se realizaron trece sondeos de estudio con pala barreno de 4 pulgada de diámetro hasta la base el acuífero libre alcanzando profundidades totales de 6 metros mominados como S1 a S13 y dos perforaciones en el mismo diámetro hasta los 10 metros de profundidad PE1 y PE2 ver Figura 3.



Figura 3. Ubicación Perforaciones de Estudio

Estos sondeos y perforaciones permitieron obtener los perfiles litológicos y los parámetros físicos de la zona saturada y el espesor de la misma. La toma de muestras para el análisis sedimentológico, se realizó en cada cambio litológico observado.

Los sondeos y perforaciones fueron ubicados geográficamente mediante un navegador de posicionamiento global GPS. La medición de la profundidad de los niveles freáticos se realizaron con una sonda de nivel de agua provista de una cinta métrica conductora con resolución 1 cm y un captor que reacciona cuando el agua mediante una indicación sonora y lumínica, provista además de una pantalla LCD que indica la temperatura del agua.

6.2 Sedimentología

Con la información de los sedimentos obtenidos de las perforaciones, se realizaron tres perfiles estratigráficos en dirección SO – NE correlacionando las distintas perforaciones:

SOA01 – SOA02 – SOA03 – SOA04
 SOA11 – SOA07 – SOA06 – SOA05
 SOA10 – SOA13 – SOA12 – SOA09 – SOA08

De la observación macroscópica de los sondeos de observación, el paquete sedimentario está formado por una alternancia de limos, arcillas, arcillas limosas y arenas muy finas con intercalaciones en algunos casos con arcillas verdes y limitado en su base por un estrato impermeable de arcilla plástica rojiza, ver Figura 3.

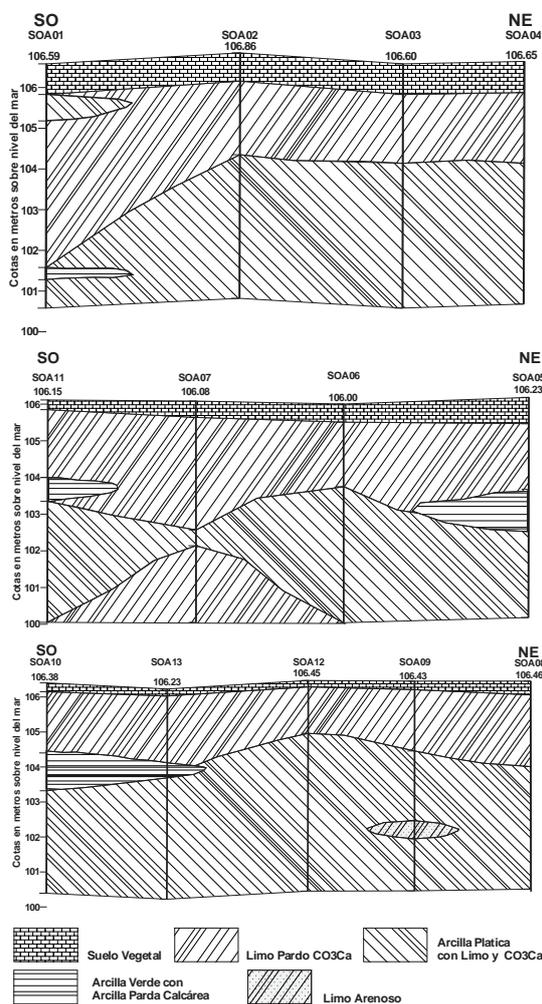


Figura 3. Perfiles Estratigráficos

6.3 Ensayos de Bombeo

En las perforaciones de 10 m de profundidad se realizaron ensayos por bombeo a caudal constante, siguiendo la evolución del descenso del nivel del agua, tanto en el mismo pozo de bombeo como en los pozos de observación cercanos. Una vez detenido el bombeo, se

midieron los niveles de recuperación. Esto permitió obtener información sobre las características cuantitativas y cualitativas del acuífero libre: Permeabilidad (k), Transmisividad (T), Almacenamiento (s) y el Radio de influencia (R): comunicación entre la zona acuífera inmediata al pozo y otras más lejanas.

Este tipo de ensayos de bombeo en acuíferos libres pueden resultar muy complicados por heterogeneidades, anisotropía del terreno y fenómenos de drenaje diferido, debido a los cuales durante los primeros instantes del bombeo, la formación geológica saturada se comporta como si fuera un acuífero cautivo.

Las perforaciones tienen un diámetro de 100 mm hasta una profundidad de 10 m, penetran totalmente al acuífero libre y están entubadas con cañería de PVC Ø 100 mm. Colocándose cañería ranurada en el sector correspondiente a la zona saturada. Cada perforación está acompañada de dos sondeos de observación con las mismas características constructivas que las perforaciones pero entubados con PVC Ø 60 mm, hasta la base del acuífero libre a una profundidad de 5,50 m de acuerdo a lo observado en la litología de las perforaciones de estudio PE1 y PE2.

Los ensayos de bombeo se realizaron con una bomba centrífuga con una válvula exclusiva a la salida para controlar flujo y presión y así regular el caudal de extracción hasta alcanzar la estabilización del nivel dinámico (ND) y no deprimir totalmente la perforación. En ambos ensayos, el conducto de succión posee una válvula de retención a los 8 metros de profundidad, ubicada a 3 metros por debajo de la base del acuífero.

En la Perforación de PE1, el ensayo de bombeo fue de 5 hs, a caudal constante de 24 m³/día. Acorde a lo descrito anteriormente, se considera un espesor saturado de 2.86 metros. El nivel dinámico en el Pozo de bombeo se estabilizó en un tiempo de 120 minutos a una profundidad de 4,70m.b.b.p. Midiéndose además los descensos en los Sondeos de Observación S1PE1 y S2PE2 ubicados a 2 y 4 metros respectivamente de PE1.

DATOS DE CAMPO			
	PE1	S1PE1	S2PE1
Diámetro (m)	0.10	0.06	0.06
Profundidad total (m)	10	5.6	5.6
Distancia al Sondeo de Observación (m)	-	2	4
Nivel estático (m)	2.74	2.74	2.74
Nivel dinámico (m)	4.70	3.04	2.94
Espesor saturado (m)	2.86	2.86	2.86
Caudal Bombeo m ³ / d	24	--	--
Descensos (m)	1.96	0.30	0.20
Tiempo Ensayo (hs)	5	-	-

Tabla 1. Datos de Campo

En la Perforación de Estudio (PE2), el ensayo de bombeo fue de 15 minutos hasta deprimirse totalmente, se realizó a caudal constante de 20 m³ / día. El nivel dinámico en el Pozo de bombeo se deprimió hasta una profundidad de 7.80 m.b.b.p. Existiendo una pérdida carga con líneas de flujo casi verticales al no observarse descenso alguno en el Sondeo de Observación S1PE2 ubicado a 2 m de distancia de PE2.

6.3.1 Parámetros hidráulicos

Debido a las pérdidas de carga del agua en el Pozo de Bombeo, y a fin de obtener valores de T, S y k con suficiente precisión, se consideraron los niveles medidos en los Sondeos de Observación. Para el cálculo de la Permeabilidad (K) utilizando la variación de los niveles de agua en los dos pozos de observación, Da Costa, J., Falcón Moreno E. (1966), se recurrió a la ecuación:

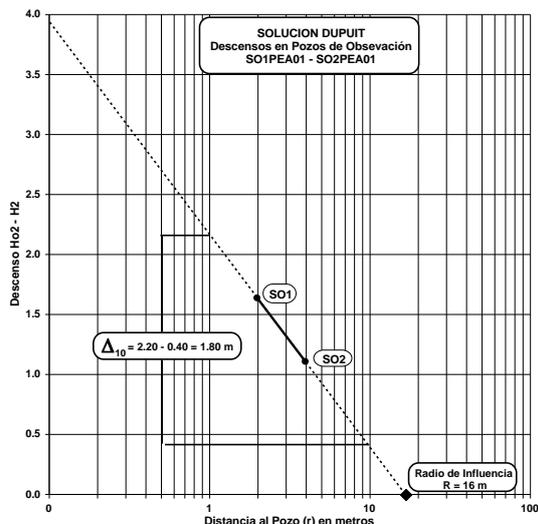
$$K = 2.3 \frac{Q_b}{\pi \Delta_{10}} \quad (1)$$

Con la Tabla 1 y la Tabla 2 se confecciono la gráfica semilogarítmica donde se representan las distancias (r) desde el Pozo de Bombeo hasta los Pozos de Observación y los Descensos H₀² - H² obtenidos del ensayo una vez estabilizado el cono de bombeo, ver Figura 4.

Distancia (D) a los Sondeos de Observación					
Sondeo	D	S	H ₀	H	H ₀ ² - H ²
S1PE1	2	0.3	2.86	2.56	1.63
S2PE1	4	0.2	2.86	2.66	1.10

D, S, H₀, H: en metros

Tabla 2. Distancia a los Sondeos de Observación



“Figura 4. Descensos en pozos de observación

En la Figura 4 considerando un ciclo logarítmico $\Delta_{10} = \frac{H_0^2 - H^2}{1}$ se obtiene $\Delta_{10} = 1.80$. Mediante la ecuación (1) se puede obtener el valor de la Permeabilidad en m/día

$$K = 2.3 \frac{24 \frac{m^3}{día}}{3.14 * 1.80m} = 9.8 \frac{m}{día}$$

La Transmisividad está en relación con la Permeabilidad y el espesor saturado (b) del acuífero. En acuíferos freáticos este espesor es variable en el tiempo, por lo tanto también lo será (T) y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$T = K * b \quad (2)$$

Remplazando en la ecuación (2) con el valor de Permeabilidad calculado, se puede obtener la Transmisibilidad máxima y mínima:

$$T_{max} = 9.8 \frac{m}{día} * 2.86m = 28 \frac{m^2}{día}$$

$$T_{min.x} = 9.8 \frac{m}{día} * 0.90m = 8.8 \frac{m^2}{día}$$

El radio de Influencia (R) se obtiene de la intersección de la recta con el eje de las abscisas, para ello, se prolonga la curva de descenso hasta alcanzar el punto de descenso cero: R ~ 16 m

Acorde a los estudios sedimentológicos de los materiales del acuífero (limo CaCO₃) se verifica que los valores calculados de k y T no son asimilables a la estratigrafía. Los resultados obtenidos definen a la formación geológica como un acuífero que drena bien, constituido por sedimentos arenosos sin fracción pelítica.

Ante la duda de los valores obtenidos se resolvió corroborar los mismos procesando los resultados del ensayo de bombeo con otro método de cálculo Da Costa, J., Falcón Moreno E. (1966) utilizando la ecuación:

$$T = 0.183 \frac{Q}{\eta} \gg \gg \eta = \frac{s_2 - s_1}{\log s_2 / \log s_1} \quad (3)$$

En la Tabla 3 se representan los descensos medidos en el S2PE1 hasta la estabilización del cono de bombeo.

Descensos (S) en el Sondeo S2PE1					
T	S	T	S	T	S
0.5	0	3	0.09	10	0.17
1	0.02	4	0.11	20	0.22
1.5	0.04	5	0.12	60	0.29
2	0.06	6	0.13	120	0.33

T en minutos – S en metros

Tabla 3. Descensos en el Sondeo S2PE1

Graficados los valores de los descensos en el S2PE1 ubicado a un radio de 4 metros de la PE1, se determinó una recta de pendiente η que corta al eje de las abscisas, Figura 5.

Considerando un ciclo logarítmico $\eta = \frac{s_2 - s_1}{1}$ se obtiene $\eta = 1.70$. Utilizando los datos de la Tabla 1 y reemplazando en la ecuación (3) se calcula el valor de la Transmisibilidad.

$$T = 0.183 \frac{24 \frac{m^3}{día}}{0.17m} = 26 \frac{m^2}{día}$$

Utilizando la ecuación (2) se calcula la Permeabilidad

$$K = \frac{T}{b} \gg \gg K = \frac{26 \frac{m^2}{día}}{2.86m} = 9 \frac{m}{día}$$

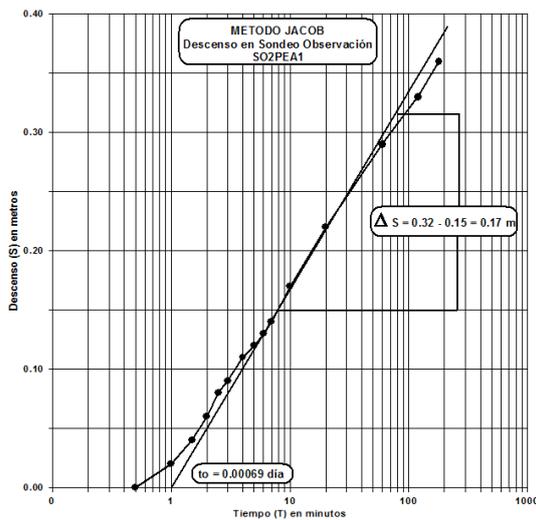


Figura 5. Descensos Observados en S2PE1

Este valor de permeabilidad, ($9 \frac{m}{día}$) escapa del

valor teórico ($0.1 \frac{m}{día}$) esperado para el tipo de

sedimento que forma el acuífero libre (limo con CO_3Ca).

Este comportamiento en el valor de Permeabilidad es debido a heterogeneidades, anisotropía del terreno, fenómenos de drenaje diferido y disolución de carbonatos lo que le infiere al paquete sedimentario una porosidad secundaria tipo kárstico, debido al cual el acuífero aumenta su valor natural de Permeabilidad.

En la Figura 5, se observa además que la prolongación de la recta de ajuste no pasa por el origen, no se cumple $s = 0$ para $t = 0$ (descenso

vs. Tiempo). En este ensayo el valor $t > 0$; en consecuencia existe una marcada recarga del acuífero. Esta recarga hace que el acuífero reponga el agua más de prisa que el modelo teórico debido a cambios de Transmisibilidad. El valor de t_0 se obtiene de la intersección de la recta con la abscisa t y es $t_0 = 0.00069$ día y permite obtener el Coeficiente de almacenamiento (S) o Porosidad Eficaz (η_e) mediante la siguiente ecuación:

$$S = 2.25 * T * \frac{t_0}{r^2} \quad (4)$$

Donde r representa el radio de separación del Sondeo de Observación al Pozo de Bombeo en metros

Reemplazando en (4)

$$S = 2.25 * 26 \frac{m^2}{día} * \frac{0.00069 día}{16m^2} = 0.002$$

6.4 Ensayo Hidráulico en Zanja abierta

Sobre la platavanda de la avenida San Martín de dirección Norte/Sur, en el punto cuyas coordenadas son: Latitud Sur: $28^\circ 27'03.99''$ y Longitud Oeste: $62^\circ 49'31.00''$, ubicada en el sector Norte de la ciudad de Añatuya, con una altitud estimada en 110 m, se realizó una zanja, cuyo objetivo fue observar el comportamiento mecánico de los sedimentos hasta una profundidad de 2.50 m desde el nivel del terreno.



Foto 1. Se observan las paredes de la Zanja, profundidad de 2.50 m

Se construyó un zanja de 6 m de largo por 0.90 m de ancho, hasta una profundidad media de 2.50, el perfil litológico observado se corresponde con los

perfiles realizados en los piezómetros realizados, Ver Foto1.

En su conjunto los sedimentos son de origen fluvio eólico de color pardo claro y de textura fina (limo arcilloso) con arena muy fina subordinada (malla 120), típico de una cuenca sedimentaria de baja energía y de un ambiente palustre-lacustre. Es importante la acumulación de nódulos clásticos de carbonato de calcio, abundantes en algunos niveles del perfil. El material sedimentario atravesado es de baja consistencia, poco compacto, pero por su textura y naturaleza es muy estable a los esfuerzos laterales.

Una vez concluida la excavación se bajó una bomba eléctrica tipo centrifuga, a fin de extraer el agua acumulada, que forma parte del primer horizonte saturado o libre. El nivel estático inicial es de NE: - 1.50 m, la zanja fue secada totalmente hasta los -2.50 m que fue la profundidad final. Durante el bombeo que duro 1 hora, no se manifestó arrastre de partículas sólida, el agua salía limpia sin sólidos en suspensión.

Se realizaron observaciones sobre las paredes de la zanja, para ver su comportamiento durante la recuperación de la zona saturada, la misma fue muy lenta con lo cual favorece la estabilidad de las mismas, y al no existir niveles arenosos no se manifestaron derrumbes de los taludes.

La zanja estuvo aproximadamente con 0.40 m de agua a una profundidad de 1.70 m durante más de 48 hs. Con la profundidad final de 2.50 m, incluido el tiempo de recuperación, en todas estas etapas, no se produjo ningún desmoronamiento significativo de las paredes.

Completadas todas las etapas del trabajo, la excavación fue rellenada finalmente por razones de seguridad, hasta su nivel original.

CONCLUSIONES

La ciudad de Añatuya, está caracterizada por un ambiente morfológico relacionado a los derrames temporarios del Río Salado, presenta una altitud media de 107 m snm y una pendiente topográfica general de 0.028%,

Estratigráficamente, la región se encuentra comprendida dentro de la Unidad Geológica denominada “Llanura Chaco Paranaense”, con un dominio de la unidad Planicie Loéssica de edad Plio-Pleistocena, la cual presenta escasas variaciones sedimentológicas verticales y horizontales que responden a procesos geomorfológicos fluviales generadas por derrames del Río Salado.

El paquete sedimentario en la zona somera del subsuelo, está formado por una alternancia de

limos, arcillas, arcillas limosas y arenas muy finas con intercalaciones en algunos casos con arcillas verdes y limitado en su base por un estrato impermeable de arcilla plástica rojiza.

Los valores hidráulicos calculados para el acuífero freático, determinaron diferentes parámetros que caracterizan las condiciones hidrogeológicas generales del área; reflejando una formación porosa de baja transmisividad hidráulica y un coeficiente de almacenamiento que son propios de los sistemas saturados libres.

El valor $k = 9.8 \text{ m/día}$, representa una permeabilidad media, reflejando un acuífero pobre (Tabla clases de terrenos de Bredding); caracterizado por sedimentos depositado en un ambiente de baja energía, de textura limosa con cierta proporción de arcilla y arenas muy finas. El Coeficiente de almacenamiento (S) en este acuífero libre coincide con el valor de la porosidad eficaz, estimada en 0,002.

El valor de Transmisividad que resulta de multiplicar el espesor de la zona saturada (variable en general) con la permeabilidad, se ubicaría en los $8,8 \text{ m}^2/\text{día}$, mientras que el cono de influencia esperado, sería de unos 16 m.

Se estima que con un caudal de bombeo de $36 \text{ m}^3/\text{día}$, el descenso teórico esperado significaría el agotamiento del pozo en el punto central o de bombeo hasta la cota de 5.50 m de profundidad sobre nivel de terreno, puesto que los sedimentos por debajo de ese nivel se los clasifica como formación impermeable, siendo esta cota, la base del sistema freático.

Acorde a los estudios sedimentológicos de los materiales del acuífero Margas (limo con CO_3Ca) se verifica que los valores calculados de k y T no son asimilables a la estratigrafía, por la porosidad secundaria, los resultados obtenidos definen como un acuífero que drena bien, constituido por sedimentos arenosos sin fracción pelítica.

Las propiedades de la formación acuífera como la conductividad hidráulica, almacenamiento específico o capacidad específica y el espesor, mantienen una respuesta hidrogeológica homogénea en el área de estudios. Esto significa que la porosidad, conductividad hidráulica y otros parámetros son similares en cualquier posición dentro de esta unidad geológica en la zona de estudio.

7 REFERENCIAS

CONAE. Imágenes LANSAT 5 y 7 Procesadas para uso agropecuario ARGSERVER.

Convenio Bajos Submeridionales - UTO Santiago del Estero. Área Recursos Naturales. 1984 Sistematización del Río Juramento y/o Salado. Tomo I. Descripción General de la Cuenca.

Da Costa, J.A.; Falcón Moreno E. 1966. Manual de Métodos Cuantitativos en el Estudio de Aguas Subterráneas. Centro Regional de Ayuda Técnica – México y Agencia Para el Desarrollo Internacional (A.I.D.)

IGM. 1973. Carta topográfica AÑATUYA, escala 1:250.000. Hoja 2963-II.

Thir, J.M; Trejo, W.M. 1992. Estudio Integral del Bañado de Añatuya. Convenio Bilateral Prov. de Santiago del Estero – Consejo Federal de Inversiones.

Thir, J.M; Trejo, W.M.1993. Hidrogeología en el Área de las Colonias Agrícolas Añatuya (Dpto. Taboada). Convenio Bilateral Prov. de Santiago del Estero – Consejo Federal de Inversiones.