

Caracterización geomorfológica e identificación granulométrica de sedimentos en paleocauces del Río Dulce -Villa Nueva- Departamento San Martín-Provincia de Santiago del Estero

Walter M. Trejo¹, Teófilo A. Neme¹, Marcela E. Terribile¹, Juan M. Thir¹, Ángel del R. Storniolo¹

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

waltermariotrejo@yahoo.com

teoalberto@yahoo.com.ar

marceterr@gmail.com

jumarthir@yahoo.com.ar

arstorniolo@yahoo.com.ar

RESUMEN: La localidad de Villa Nueva está situada en el sector SO de la provincia de Santiago del Estero y sus coordenadas geográficas 28° 18' 05,7" S y 64° 01' 43,4" O. El área de estudio está ubicada en el tramo medio de la Llanura Aluvial del Río Dulce, caracterizada por una sucesión de paleocauces colmatados y entrelazados, los cuales podrían ser utilizados como soportes de almacenamiento y recarga del acuífero libre con el fin de obtener un volumen de disponibilidad de agua segura, la cual se hace crítica en período comprendido entre fines de otoño y el comienzo de la primavera. La identificación de unidades geomorfológicas permite caracterizar la dinámica fluvial y la forma de deposición y distribución de los sedimentos en el perfil del subsuelo. La recarga natural o artificial utilizando canales de riego como fuente de agua alternativa sobre estos sedimentos influye en la calidad química de las aguas subterráneas, en particular si se considera al acuífero libre o freático como recurso natural con capacidad de almacenamiento y con posibilidades de ser utilizado como reservorio, a través de un manejo sustentable del mismo.

1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La necesidad de incrementar la disponibilidad de agua segura, tanto en áreas urbanas como rurales, alejadas de los principales núcleos poblacionales, los que cuentan con importantes fuentes para la explotación y provisión de este significativo recurso, hace necesaria la búsqueda de fuentes alternativas que permitan paliar la escasez de agua en las mencionadas áreas. El estudio geomorfológico es un método indirecto alternativo que es utilizado en la exploración y detección de potenciales áreas portadoras de agua. La falta de agua segura se agudiza cuando la precipitación es prácticamente escasa o nula en el período comprendido entre junio y septiembre, y las posibilidades de almacenamiento de agua de lluvia se reducen notablemente.

El conocimiento de las características geomorfológicas permite realizar una evaluación acerca de las posibilidades de encontrar formaciones permeables capaces de almacenar y transmitir agua proveniente de las precipitaciones o de escurrimiento superficial (corrientes fluviales naturales o artificiales (como los canales

de riego). En función de lo expuesto, se plantearon como objetivos: caracterizar las geoformas que dominan el ambiente del área de estudio, Ver Fig 1. Ubicación del área de estudio, determinar la granulometría que conforman los sedimentos depositados por las corrientes fluviales y obtener una aproximación acerca de la distribución de los mismos en el perfil litológico que permita realizar una caracterización de la zona y sus adyacencias.

2 METODOLOGIA

La metodología se basó en la recopilación y evaluación de antecedentes. La información obtenida está relacionada con trabajos y estudios geomorfológicos realizados por otros autores, Aeroterra S.A.(1978); Angueira et al (2003); Martín R. et al (2003); etc., que sirvieron de base para la identificación y descripción de unidades y subunidades dominantes en el área de estudio. A través de sondeos de observación, se obtuvieron muestras para la realización de análisis granulométrico y posterior identificación de los sedimentos permeables subyacentes. Para la selección de los puntos de ubicación de los sondeos realizados, se utilizó una imagen

capturada del programa Google Earth, en la cual se identifican los paleocauces existentes en la zona. Ver Figura 2. Ubicación de sondeos. La posición de estos puntos fue registrado en campaña utilizando un navegador GPS para su ubicación en la cartografía definitiva.

Se ejecutaron 3 captaciones: Una de 6" entubada en 4" (Sondeo N° 1) sobre el eje del paleocauce que rodea a la localidad ubicada al norte de la misma, dos perforaciones de 4" entubadas en 3" (sondeos N° 2 y 3).

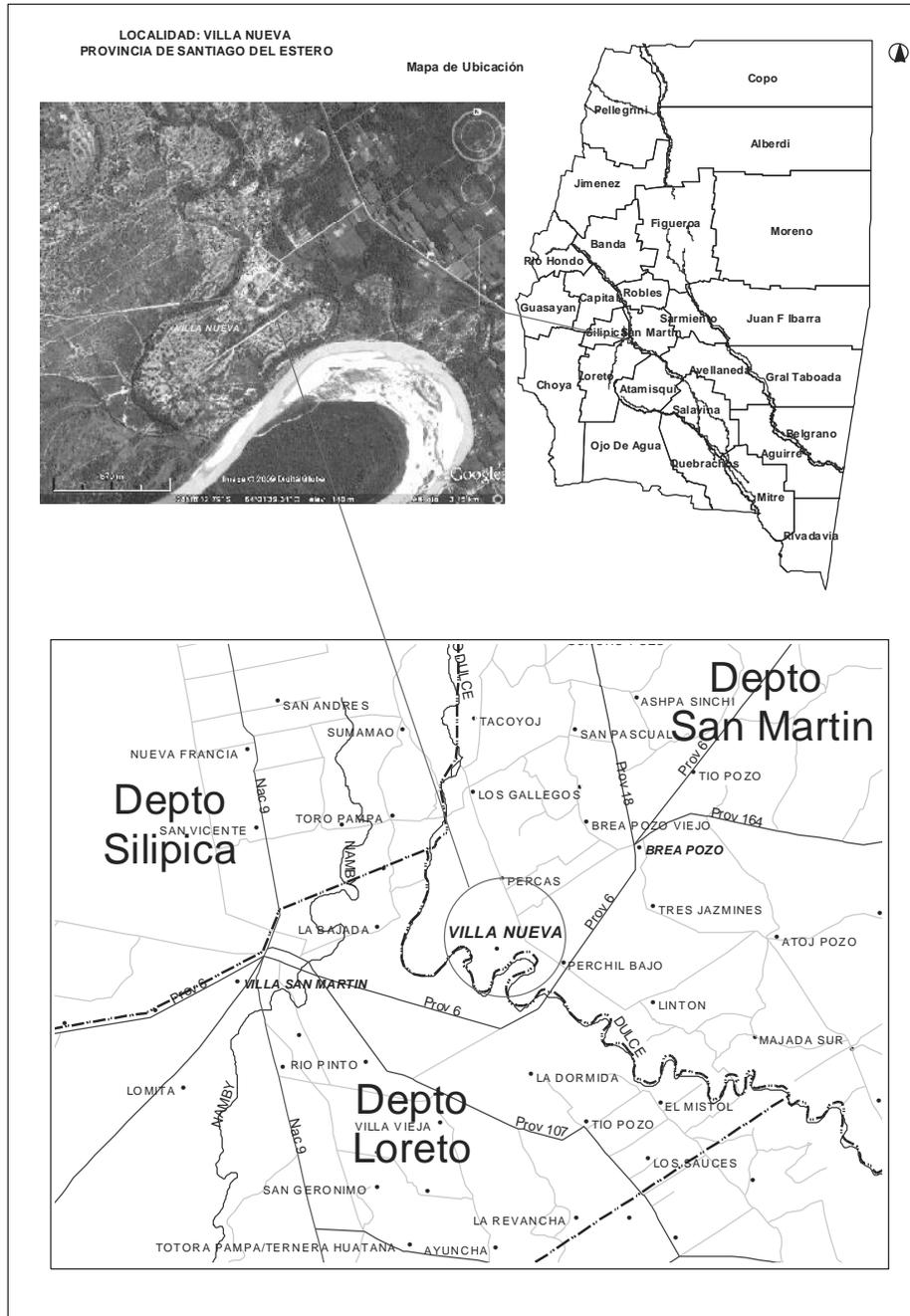


Figura 1. Ubicación del área de estudio



Figura 2. Ubicación de sondeos

3 GEOMORFOLOGIA

3.1 Unidades y subunidades geomorfológicas

En base a los antecedentes geomorfológicos y en particular los obtenidos en el SIGSE-INTA Sgo. del Estero, el área de estudio se encuentra ubicada en la Unidad Geomorfológica Llanura Aluvial del Río Dulce y dentro de la Subunidad Llanura de Inundación Activa del Río Dulce. Ver Fig. 3. Subunidades geomorfológicas.

Para este trabajo consideramos solamente esta subunidad realizando una descripción breve de las circundantes ya que de alguna manera contribuyeron para establecer algunos aspectos relacionados con la dinámica y evolución de las geoformas que analizamos en nuestra zona de trabajo.

3.1.1 Subunidad Cono Aluvial de Río Dulce

Su origen se relaciona con una reactivación tectónica reciente sobreimpuesta a la Bajada del Sistema Subandino-Pampeano. Concretamente la existencia de este cono aluvial se corresponde con la acción de la falla de Huyamampa (de dirección N-S) que provocó el hundimiento del bloque oriental. El ápice de este cono se encuentra en el punto de intersección del Río Dulce con la falla de Huyamampa. La erosión retrógrada eliminó la cubierta cuaternaria cuyo material contribuyó a la formación del cono. Esta erosión se vio favorecida por la existencia de una fractura denominada “Falla del Río Dulce” que se manifiesta por la linealidad del cauce del río, aguas arriba del ápice del cono, con una dirección NNO-SSE. La acumulación de estos sedimentos alcanzó un radio aproximado de 50 Km a partir del ápice, otorgando características hidrogeológicas variables en su desarrollo debido a la disminución del tamaño de los materiales

depositados en la zona distal del cono, donde la pendiente se redujo. La profundidad media de estos sedimentos es de 150m, con granulometría variada constituyen el principal reservorio de agua subterránea del cual se abastecen los dos principales núcleos poblacionales de la provincia (Santiago del Estero y La Banda).

3.1.2 Subunidad Llanura de Inundación Activa

Esta subunidad abarca una importante superficie, extendiéndose hacia ambos márgenes del Río Dulce, desde la finalización del tramo distal del Cono Aluvial, hasta su desembocadura en la Laguna de Mar Chiquita en la provincia de Córdoba. Los sedimentos depositados por la corriente fluvial van disminuyendo su tamaño, gradando de fino a muy fino, lo cual indica la capacidad de transporte y la estabilización de su perfil de equilibrio. El ancho aproximado de esta subunidad en el área de estudio alcanza los 38 Km, luego, desde allí, el mismo varía hasta su desembocadura entre los 100 y 60 Km. La imagen del área de estudio, obtenida del software libre Google Earth, permitió observar en detalle las características morfológicas del relieve y realizar un mapeo e inferir los procesos de remoción y deposición, identificando paleocauces que son los potenciales portadores de sedimentos con diferentes grados de permeabilidad, en este caso en particular, del acuífero freático. Ver Fig 4. Perfil de elevación NNO – SSE. En este perfil se puede observar la cota en correspondencia con la imagen en el eje del paleocauce.

3.1.3 Subunidad Paleollanura de Inundación

Se desarrolla en ambas márgenes de Río Dulce pero con mayor extensión en la margen izquierda, su distribución es irregular debido a factores morfogenéticos. Topográficamente, su nivel es ligeramente superior al del actual cauce del río, son áreas de relieve positivo relictuales que pueden observarse mediante la teledetección. Esta herramienta es utilizada para la identificación de rasgos geomorfológicos en relieves de escasa pendiente sobre todo aquellos relacionados con los rasgos eólicos, fluviales y la cubierta de vegetación, generados en condiciones de mayor aridez que las actuales y durante diferentes fases climáticas.

3.1.4 Subunidad Bajada Distal

Es una subunidad del “Pie de Monte Subandino – Pampeano”, se desarrolla a continuación de la subunidad “Bajada Proximal”. Presenta un perfil longitudinal más extendido que este último. Constituye el límite occidental de la subunidad Llanura de Inundación activa.

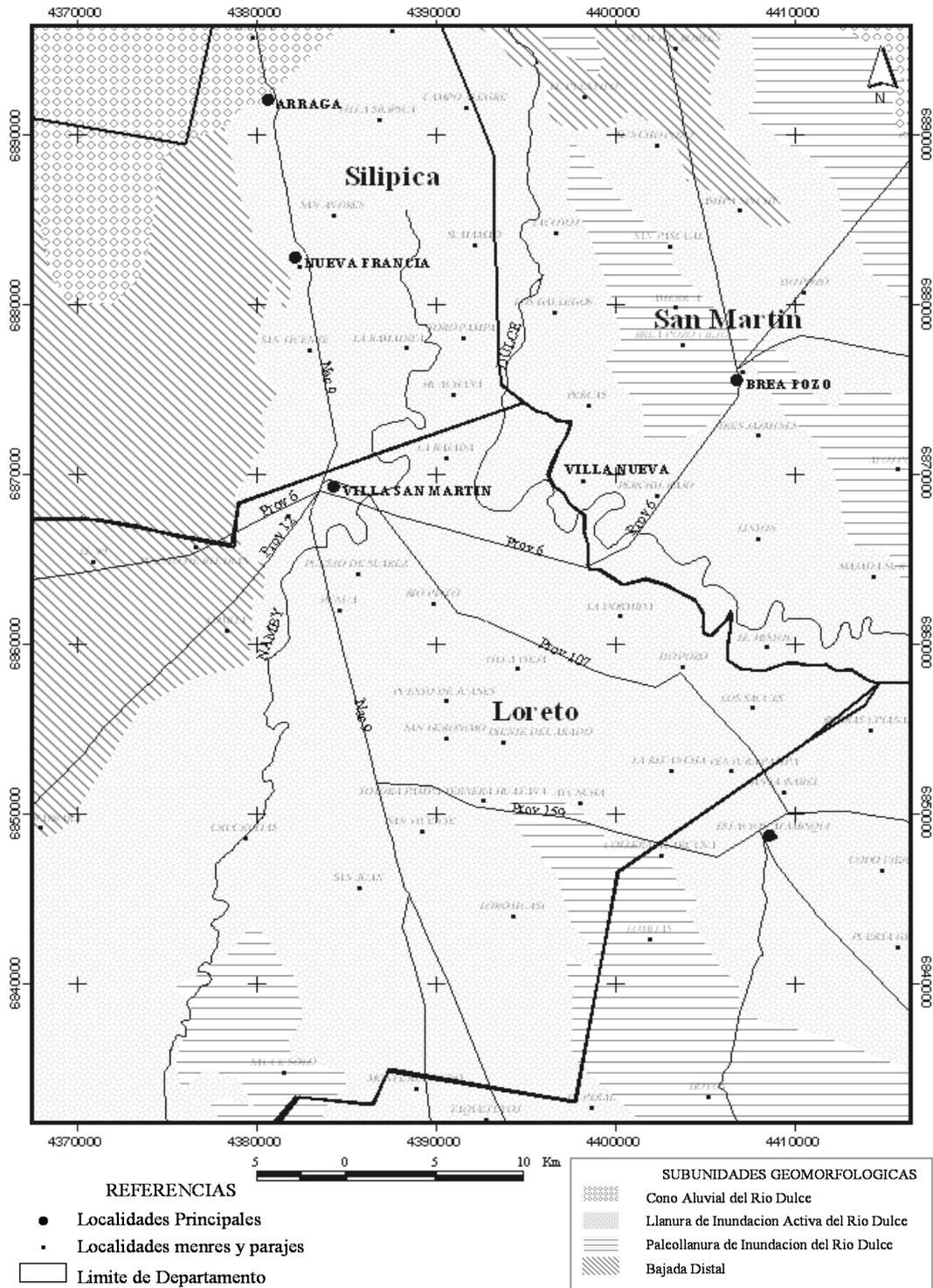


Figura 3. Subunidades Geomorfológicas

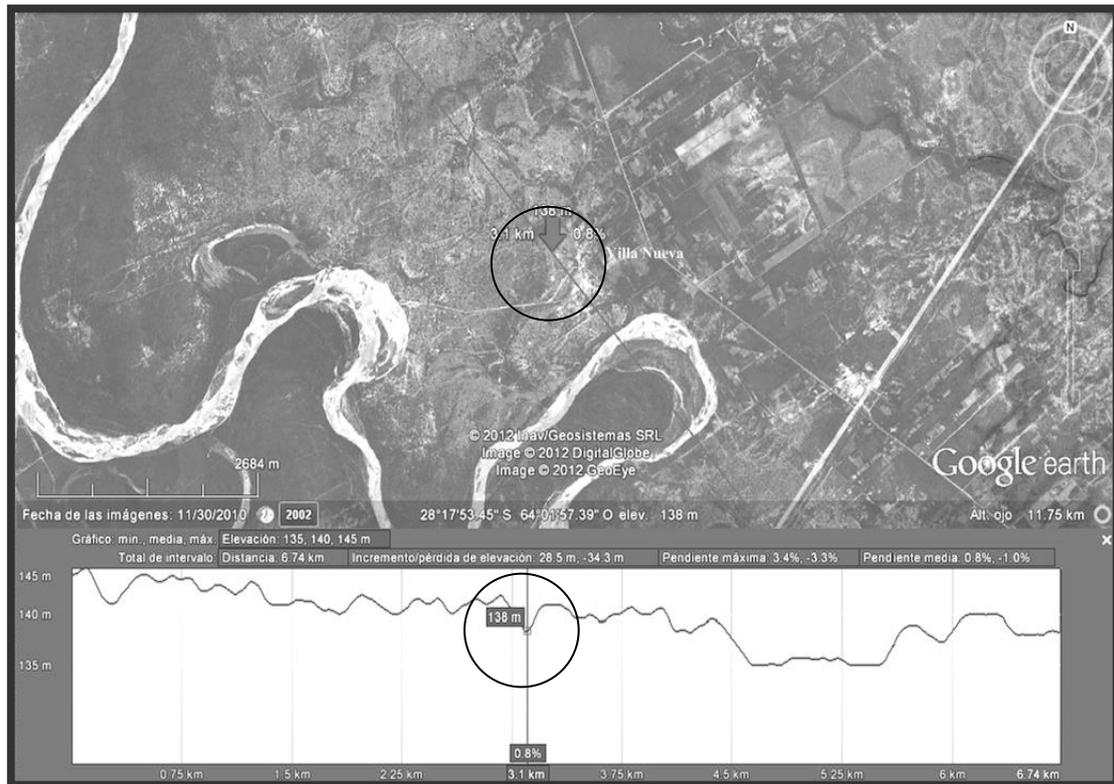


Figura 4. Perfil de elevación NNO-SSE

4 ANALISIS GRANULOMETRICO

Se realizó el tamizado de las muestras obtenidas en los sondeos de observación con la finalidad de establecer su clasificación, tamaño, el grado de uniformidad de los sedimentos y su distribución en profundidad con el propósito de establecer una correlación mediante la confección de perfiles de pozos.

Los datos fueron volcados a una tabla (Ver Tabla 1. Análisis granulométrico) la que permitió realizar los cálculos correspondientes para elaborar finalmente la curva acumulativa. (Ver Grafico 1. Curva acumulativa). A partir de ella se extrajeron los valores correspondientes al coeficiente de uniformidad.

Tabla 1. Análisis Granulométrico

Tamiz N°	Diámetro en mm	Peso gr	%	% Acumulado
5	4,000	0,00	0,00	0,00
10	2,000	0,35	0,17	0,17
18	1,000	4,38	2,14	2,31
40	0,750	9,72	2,50	4,81
60	0,250	7,82	6,00	10,81
120	0,125	61,69	30,15	40,96
230	0,062	70,28	34,35	75,31
270	0,053	22,36	12,82	88,13
Fondo	<0,061	28,00	11,87	100,00
		204,60	100	

Se seleccionó una pila de tamices de acuerdo a la escala de tamaño de grano tomados de la tabla de Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984). Esto nos permite puntualmente establecer a priori, una dominancia de porcentajes de tamaños de sedimentos en el perfil del sondeo. Para calcular el Coeficiente de Uniformidad (1) se utilizó la siguiente relación:

$$CU = \frac{\Phi_{40\%}}{\Phi_{90\%}} \quad (1)$$

Del gráfico obtenemos los valores de diámetro correspondiente al 40 % y al 90%, resultando 0,125 mm y 0,053 mm respectivamente y realizando el cociente el valor de coeficiente de uniformidad es 2,36, lo que nos estaría indicando

que se trata de materiales resultantes de una mezcla de arenas medianas a gruesas, en consecuencia con un potencial de permeabilidad buena. La forma de S de la curva granulométrica también puede ser considerada como un indicador de materiales granulares depositados por una corriente fluvial. Corresponde aclarar que de las muestras obtenidas en los tres sondeos, y los resultados obtenidos en el tamizado son similares. En función de estos datos se procedió a la confección del gráfico de la curva acumulativa, colocándose en ordenadas los porcentajes en cuanto a la distribución y tamaños de sedimentos en el perfil de pozo, por ello se adoptó el criterio de seleccionar como representativas del área de estudio, las muestras obtenidas en el Sondeo 1, de las cuales se tuvo en cuenta la correspondiente al acuífero freático tomada a una profundidad comprendida entre los 5,80 y 7,30 m

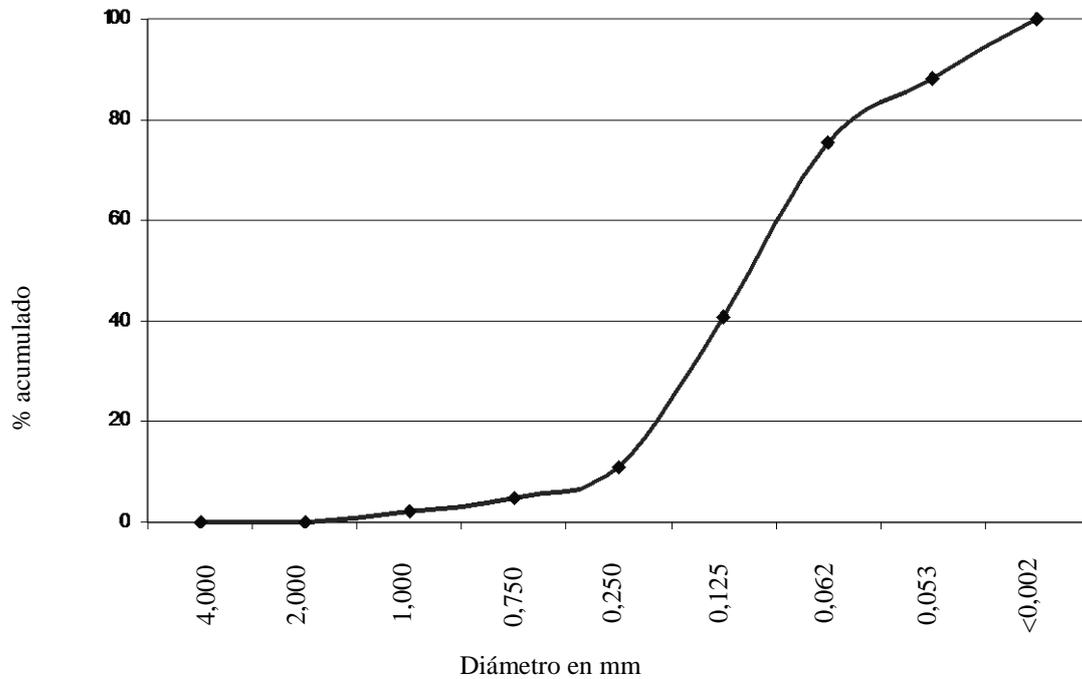


Gráfico 1. Curva acumulativa

A partir de estas consideraciones y por los resultados obtenidos, se podría afirmar que los sedimentos tienen una distribución regular y medianamente uniforme en el desarrollo de vertical del perfil estratigráfico del subsuelo en el entorno próximo a la localidad de Villa Nueva. De acuerdo a los porcentajes obtenidos en el tamizado de la muestra (Ver Tabla 1 Análisis Granulométrico), los valores predominantes de tamaños corresponden a arenas finas a muy finas y las mezclas de arenas medianas a gruesas, le confieren características de acuífero de bueno a pobre, y un término medio entre bueno a mala

capacidad de drenaje, según se puede observar en la Tabla 2. Coeficientes de permeabilidad (Arthur Casagrande). Un aspecto que se debe destacar es que esta distribución de los sedimentos obedecería a un proceso complejo de deposición de materiales que se produjeron debido a la acción realizada por el río en su trabajo de modelado del relieve.

Los ríos modelan el paisaje cuando fluyen, meteorizando y erosionando suelo y roca, transportando grandes cantidades de sedimento y depositando este material río abajo (en las menores alturas topográficas). La intensidad

relativa de estos tres procesos (erosión, transporte y depositación) está determinada principalmente por la velocidad y caudal de un río.

Como regla general, la erosión se produce a altas velocidades de la corriente y los sedimentos son depositados a velocidades más bajas. Sin embargo, el tamaño de las partículas sedimentarias también afecta su comportamiento. Las partículas de arena son erosionadas más fácilmente, esto significa que la arena puede ser capturada por el agua corriente a la velocidad más baja que las partículas de otro tamaño. Tanto las partículas más grandes como las más pequeñas pueden ser levantadas solamente a velocidades más altas. Suena lógico que se necesiten velocidades más altas para erosionar partículas más grandes, pero ¿por qué se necesita mayor velocidad para partículas más pequeñas que la arena? La respuesta es porque las partículas de limo y arcilla son más cohesivas. Los granos son tan pequeños que la atracción eléctrica entre las partículas las retiene, resistiendo a la erosión (Monti, 2004). Esta particularidad explica de alguna forma, los procesos que condujeron a los resultados obtenidos en el análisis realizado.

5 CONCLUSIONES

- La granulometría de las muestras obtenidas

en los sondeos corresponde a tamaños que alternan entre limos arenosos, arenas finas a medianas y gruesas. Esta alternancia en los materiales se corresponde, probablemente, con los diferentes períodos de deposición del río. La forma de la curva acumulativa y el valor obtenido del coeficiente de uniformidad, confirman que se trata de una mezcla de sedimentos que fueron depositados por una corriente de agua

- Dada la extensión de la Subunidad Llanura de Inundación Activa, sería conveniente ampliar los puntos de control para continuar con la investigación, ya que los primeros resultados son alentadores, en el sentido que esta geoformas contiene sedimentos con una mediana capacidad de drenaje y buena a mala permeabilidad, la calidad físico química del acuífero freático se encuentra dentro de los límites tolerables de las aguas seguras, lo cual sería beneficioso para realizar obras destinadas al almacenamiento y recarga del acuífero libre.
- Los caudales extraíbles procedentes de la recarga natural por lluvias, pueden ser reforzados cuando las mismas son escasas en los períodos críticos, ya que existe un canal de riego que recorre el área.

Tabla 2. Coeficientes de permeabilidad

Permeabilidad m/día	10^4	10^3	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
Permeabilidad cm/seg	10^2	10^1	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
Tipo de terreno	Grava limpia		Arena limpia, mezcla grava y arena			Arena fina, arena arcillosa, mezcla de arena, limo y arcilla, arcillas estratiformes				Arcillas no meteorizadas	
Calificación	Buenos acuíferos					Acuíferos pobres				Impermeables	
Capacidad de drenaje	Drenan bien						Drenan mal		No drenan		
Uso en presas	Partes permeables de la presa						Uso en pantallas impermeables				

6 REFERENCIAS

Aeroterra S.A., Estudio Geomorfológico de la Provincia de Santiago del Estero, 1978.

Angueira Cristina, Prieto D. SigSE – Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero. INTA – ProSusNOA. INTA 2003. ISBN – 987-521-114-1

Asociación Internacional de Hidrogeólogos & Comisión en Gestión de Recarga de Acuíferos. AIH-GRA, Estrategias para la gestión de Recarga de Acuíferos (GRA) en zonas semiáridas, UNESCO/PHI-LAC, París, 2005.

Google Earth, Software libre, Version 6.1.0.5001, Fecha de compilación 17/10/2011, Servidor kh.google.com

Herrera, H., Farías, B., Martín, R., Cortés, J., Storniolo, A., Thir, M., Origen y Dinámica del Arsénico en e Agua Subterránea del Depto. Robles – Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Santiago del Estero. FCEyT-Departamento de Geología y Geotecnia, 2000.

Martín, R., Cortés, J., Storniolo, A., Thir, J., Zonificación Hidrogeológica de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Santiago del Estero-Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías – Departamento de Geología y Geotecnia, 2003.

Molina García, J. M., Pulido Bosch, A., López Martos, J., Marín, A., Gisbert, J., Vallejos, A. & Fructuoso, M. 2008. Aprovechamiento de Aguas de Tormentas para Recargar Acuíferos en Regiones Semiáridas. http://congreso.us.es/ciberico/archivos_word/CUADROV.doc, 2008.

Monti, A. 2004. Apuntes teóricos unidad 8 morfogénesis fluvial y de remoción en masa (parte B). FHyCS, UNPSJBosco.

www.biblioteca.unp.edu.ar/.../files/unidad%208B.doc

Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de La Plata (2013), Catedra de Sedimentología.

www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/sedimentologia/pdf/guia_tp.pdf