

## El modelo periglacial de los abanicos aluviales telescópicos: análisis en dos cuencas precordilleranas (31° 51' S y 68° 28' W)

Graciela M. Suvires<sup>1</sup> & María A. Pittaluga<sup>1</sup>

**Resumen** Este trabajo muestra un modelo de distribución de abanicos aluviales segmentados o también llamados telescópicos en dos cuencas afluentes del río San Juan, dentro del ambiente de Precordillera, provincia de San Juan, Argentina. Las cuencas se ubican entre los 31° 31' 23" S y 68° 53' 44" O y los 31° 31' 04" S y 68° 55' 20" O, entre los 926 y los 905 m.s.n.m. respectivamente. Los análisis morfográficos y morfométricos de los abanicos-terrazas que conforman los abanicos telescópicos, a través de análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas, arrojaron resultados que demuestran una mínima participación de la actividad tectónica local. Solo a partir del abanico-terrazza 2 se presenta un quiebre de pendiente que podría explicarse a esa actividad. Los ensayos de laboratorio efectuados mediante diferentes relaciones de w/s (agua versus sedimentos), con una pendiente constante de la cuenca, dieron modelos de los diferentes abanicos-terrazas. Las sucesiones entre flujos de diferentes w/s sería la causa predominante de la disposición segmentada de estos abanicos. Los procesos estarían vinculados a episodios más fríos con abundante producción de sedimentos finos crioclasticos y más cálidos y húmedos que facilitaron el transporte y la formación de distintos flujos. Estos abanicos telescópicos responderían a un modelo periglacial instalado en el ambiente de Precordillera, en el sector de los Andes Centrales. Se concluye que la formación de los distintos niveles de abanicos-terrazas que componen un sistema telescópico, se forman por diferencias en la relación carga sedimentaria versus disponibilidad de agua y que los abanicos segmentados no siempre tienen edades menores aguas abajo.

**Palabras clave:** Flujos; ensayos de laboratorio, causas de formación, modelos de abanicos periglaciales, morfometría.

**Abstract** *Model of alluvial fans periglacial telescopic: analysis in two precordilleran basins (31° 51' s and 68° 28' w).* This paper shows a model of distribution of segmented alluvial fans also called telescopic in two tributaries basins of the San Juan River, within precordilleran mountainous area, at the central part of the province of San Juan, Argentina. These basins lies between 31° 31' 23" S and 68° 53' 44" W and the 31° 31' 04" S and 68° 55' 20" W, from 926 to 905 m.a.s.l. altitude. Through analysis satellites images and aerial photographs interpretation, the morphografic and morphometric measurements were made in each one of the fans-terraces. Some results allow that a minimum participation of the tectonic modern activity, only from the fan-terrace 2 to fan-terrace 3 presents a break into slope basin that could be explain as neotectonic action. The essays of laboratory were obtained by means of flows with different relations of w/s (water versus detritus load) and without variations in basin slope. These flows built four fans-terraces models. The successions flows of different w/s would be the predominant cause of the segmented landforms. The processes would be linked to colder episodes, with abundant production of detritic and crioclastic load, and then warmer and humid episodes, contribute to transport its. These telescopic fans would answer to a periglacial model installed in the Precordillera ranges, near to Andes Central chains. It summarize that the training of the distinct levels of fans-terraces that compose a telescopic system owe to differences in the relation loads sedimentary versus availability of water and that the each fans no always have minor ages waters down.

**Keywords:** Flows; laboratory essays, causes of training, periglacial fans models, morphometry.

**INTRODUCCIÓN** Los abanicos aluviales en general han sido investigados mas exhaustivamente en regiones de climas áridos y semiáridos, aunque existen en ambientes diversos como húmedo-glacial, húmedo periglacial y húmedo tropical entre otros (Tripaldi *et al.* 2004, Williams 1973). Los abanicos se desarrollan cuando la erosión tiene lugar en el área montañosa y el río deposita esa carga en las adyacencias a la cuenca (Ritter

*et al.* 2006). Los abanicos aluviales telescópicos (AAL) depositan sucesivas cargas en sus cuencas que trabajan en relación a un nivel de base de erosión local. Diversos ejemplos de abanicos aluviales segmentados han sido analizados por Bowman (1978), Janocko (2001), Bull (1977), Wallace (1978), entre otros, vinculando su formación con levantamientos por actividad tectónica y en otros casos donde el encajamiento del canal es mayor

1 - Instituto de Geología, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina. E-mail: graciela\_suvires@yahoo.com.ar, mapitta@unsj.edu.ar

que el levantamiento, en este caso el área de sedimentación se desplaza hacia las zonas medias formándose un nuevo segmento de abanico, según Bull, op. cit. Por su parte Dorn (1994), señala la existencia de modelos conceptuales para relacionar los cambios climáticos con el desarrollo de los abanicos aluviales, siendo importante destacar para los AAL el modelo periglacial, el que implica una importante producción de crioclastos que al erosionarse dan lugar a una etapa de agradación en el abanico aluvial (Williams 1973, Wason 1977, Milana 1994). La construcción de un abanico aluvial requiere de un largo período de tiempo y, por consiguiente, durante su formación se producen cambios en las variables climáticas. Según esos autores, siempre resulta difícil separar las influencias climáticas de las tectónicas o de los factores intrínsecos del sistema. En la actualidad, los investigadores acuerdan en que la formación de los abanicos aluviales de las zonas áridas se produce como consecuencia de tormentas de alta magnitud y baja frecuencia. Los presentes autores observamos que la mayor o menor disponibilidad de sedimentos no solo indicaría cambios en las características de los flujos y de los abanicos que depositan, sino además que existieron condiciones previas que facilitaron esa mayor producción de sedimentos, la que muy probablemente está relacionada a condiciones frías de ambiente periglacial. Blair & Mc Pherson (1994), sostienen que es muy complejo reconstruir la historia evolutiva o incluso algunos datos de los caminos climáticos a los que han estado sometidos los abanicos aluviales. En el presente trabajo se han realizado análisis con productos de sensores remotos multiescalares, datos de campo, modelos de laboratorio y análisis estadísticos morfométricos de dos AAL pertenecientes a dos cuencas precordilleranas, afluentes del río San Juan. El análisis morfométrico efectuado en los 4 niveles de abanicos-terrazas de cada una de las cuencas (AGA1 y AGA2) arrojó resultados de interés morfogenético. Las cuencas alimentadas en el ambiente precordillerano, depositaron en sus partes distales al alcanzar el río San Juan, de alimentación cordillerana, distintos niveles de abanicos que finalmente son terrazas, por lo cual los autores los citamos como abanicos-terrazas que conforman un AAL.

Colombo *et al.* (2000) y Colombo (2005), estudian terrazas cuaternarias del río San Juan y en particular tres cuencas ubicadas varios km al este de la zona en estudio, correspondiente a la de los ríos Sasso, Sassito y Albarracín, todos afluentes del río San Juan. Este autor señala que los segmentos más modernos se ubican cada vez en una posición topográfica inferior. No obstante ello, en este trabajo se encontró al menos un nivel de abanico-terrazas más moderno ubicado en una posición topográfica superior al más antiguo, debido a la relación w/s (flujos diluidos/flujos densos). Harvey (1977), Harvey *et al.* (2005) y Blair & Mc Pherson (1994), categorizan genéticamente a los abanicos aluviales como de tipo I (abanicos de flujos de detritos/abanicos de flujos de tierra) y tipo II (abanicos fluviales). En acuerdo con Harvey (1997), los autores observamos que la clave de los factores que determinan

¿cual tipo de abanico se desarrollará? es la relación agua/sedimento (w/s) de la carga introducida en el área depositacional y la disponibilidad de sedimentos de tamaño fino. Altos valores de la relación w/s, acompañados de baja concentración de sedimentos finos tienden a producir un transporte fluido de clastos gruesos y depósitos de características fluviales. Cuando la relación w/s decrece y la concentración de sedimentos fino aumenta, los clastos están soportados en una matriz, produciéndose un transporte en flujos de detritos. Los abanicos tipo I están dominados por depósitos de flujos de detritos y tienden a formarse donde las áreas de las cuencas son pequeñas y profundas y donde el trabajo geológico produce abundante sedimento fino. Los abanicos de flujos de detritos tienden a ser comunes en regiones áridas donde las precipitaciones esporádicas son normales, mientras que los abanicos tipo II son más comunes en climas húmedos y en cuencas amplias, lo que produce una inferior cantidad de sedimentos finos (Ritter *et al.* 2006, Strahler 1992, Milana 2010).

Las superficies de las cuencas AGA1 y AGA2 son diferentes, siendo más grande y amplia la AGA1 que la AGA2, resultando ambos abanicos telescópicos con morfografía diferentes, niveles de abanico-terrazas más amplios y explayados para la primera y encajados y más estrechos en la segunda.

**Área de estudio** El río San Juan conforma un sistema hidrográfico regional de la vertiente oriental de los Andes centrales, de régimen nivo-glacial. Nace en Cordillera de los Andes, atraviesa la Precordillera, de O-E y sigue hacia el E traspasando las depresiones intermontanas y tectónicas de Ullum - Zonda y de Tulum, hasta que sus desagües confluyen con los del río Mendoza, proveniente del sur en el Grupo de Lagunas de Guanacache (Suvires 2005, Pittaluga & Suvires 2010). Este Sistema Hidrográfico, integrado por los ríos San Juan, Mendoza, Tunuyan, Diamante y Atuel, es denominado como Desaguadero-Colorado. La zona de estudio corresponde a dos cuencas afluentes del río San Juan (AGA1 y AGA2) correspondientes a los abanicos aluviales telescópicos (AAL1 y AAL2), ubicados en el tramo central de la Precordillera, margen izquierda del río. La AGA1 se ubica entre los 31° 31' 23" S y 68° 53' 44" O y AGA2 entre los 31° 31' 04" S y los 68° 55' 20" O (Fig. 1).

Ambos AAL se ubican en la desembocadura de sus respectivas cuencas, cuya alimentación es precordillerana, desembocando en el río San Juan, de alimentación principal cordillerana. El río San Juan, corre en sector de análisis entre ambas cuencas entre los 926 msnm y los 905 msnm, con pendiente hacia el este (Fig. 2).

**METODOLOGÍA** Utilizando imágenes satelitales Google Earth (2009) y Landsat, se reconocieron los dos abanicos aluviales telescópicos de las cuencas AGA1 y AGA2, con sus distintos niveles de abanicos-terrazas. Se procedió a medir distintos parámetros morfométricos

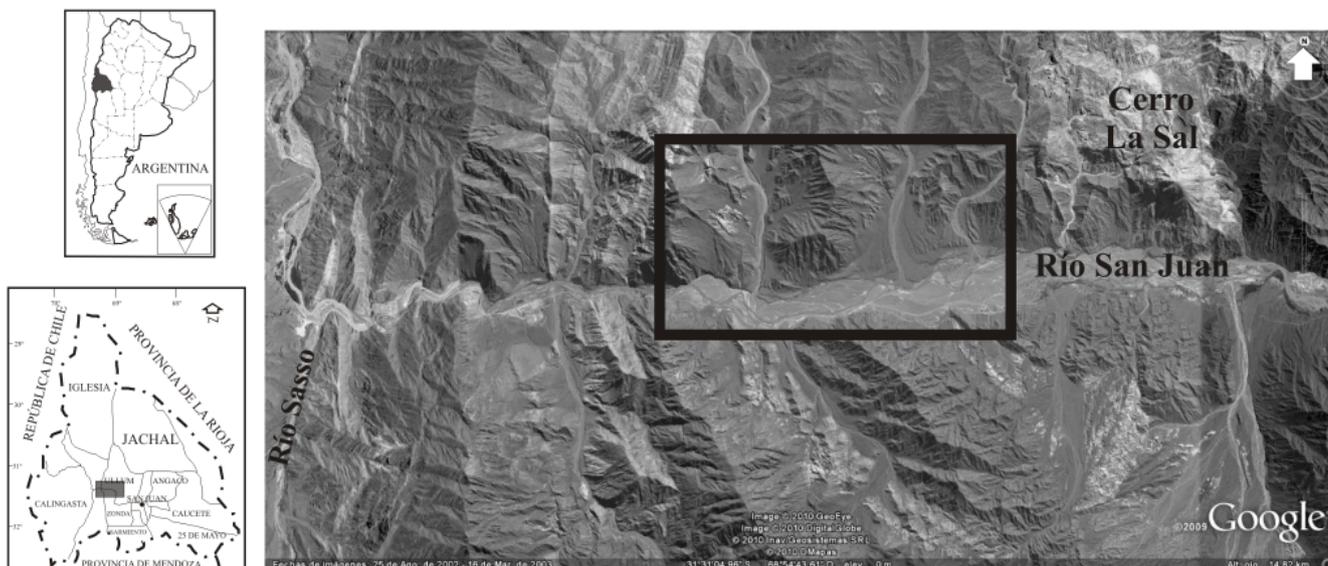


Figura 1 - Ubicación área de estudio.

de los abanicos y luego interpretarlos mediante la construcción de figuras. Asimismo se efectuaron ensayos de modelos en laboratorio manteniendo constante la pendiente pero variando las relaciones w/s (agua-sedimento). Los diferentes resultados aportaron al conocimiento de los distintos flujos involucrados en la formación de esos AAL.

**RESULTADOS** Las cuencas de estudio poseen superficies muy distintas. AGA1 se desarrolla en una superficie más amplia que AGA2. Los distintos

abanicos-terrazas de ambos AAL fueron reconocidos utilizando T1 para el más alto hasta T4 para aquel ubicado en las proximidades al nivel de base de erosión, el río San Juan. La expansión de los abanicos-terrazas en AGA 1 es superior a la de AGA2, presentándose en esta ultima cuenca más encajamiento del cauce y de los diferentes niveles. El río San Juan ha intervenido en la geomorfología actual, habiendo recortado, erosionado y limitado en partes la extensión de los abanicos-terrazas. El río ha producido un mayor control en la cuenca AGA 2 que en AGA 1.



Figura 2 - Ubicación de las cuencas AGA 1 y AGA2 y sus distintos niveles de abanico-terrazas (T).

**Morfometría** Se midieron diferentes parámetros tales como, superficie de cada terraza, longitud del eje de cada abanico, ancho, perímetro, distancia a los ápices y distancia a las bases. Longitud de los niveles, ancho pendientes y distancia entre el knick de cada nivel y el nivel de base general, el río San Juan. Todos los datos morfométricos se presentan en las siguientes tablas para ambas cuencas AGA1 y AGA2 (Tabs. 1 y 2).

**Modelos de laboratorio** En laboratorio se efectuaron ensayos para obtener la modelación de un AAL, partiendo de diferentes relaciones w/s.

La figura 3a muestra dos niveles de abanicos T1 y T2. El primer nivel T1 ubicado en posición inferior se obtuvo con un flujo cuya relación w/s es próxima a 1. Luego se ensayó con un flujo donde la proporción w/s fue menor a 1, es decir aumentando la carga de sedimento, lo que formó el segundo nivel de abanico T2, ubicándose por encima de T1. Es decir que este flujo de mayor densidad quedó ubicado en una posición topográfica superior a T1. Posteriormente, una nueva relación w/s con un aumento en w (levemente superior a 1) produjo un flujo más diluido y formó un tercer nivel. La fluidez provocó que esta corriente formara un tercer abanico o T3, sobrepasando a T2, ubicándose topográficamente por debajo y dividiéndose en dos pequeños abanicos figura 3b. Situación similar se observó en terreno en el área ubicada al norte de la cuenca AGA1 (Figs. 1 y 2). En la figura 3c se observa la posición de los diferentes Knicks (K1, K2 y K3) de los abanicos T1, T2 y T3 respectivamente. En este caso el flujo depositó la carga a la manera de lóbulos, apareciendo lentamente en la parte basal de los mismos un flujo diluido con poco sedimento, a la manera de los lóbulos tamiz (Fig. 3d). Finalmente, se aumentó la cantidad de agua con una relación w/s superior a

1, depositando el 4to nivel de abanico-terracea (T4), observable hacia la izquierda del modelo. Los autores observan que el aumento de agua en la relación w/s provoca además de lo descrito facilita un cambio en la dirección primigenia de la corriente. Los niveles de los abanicos en ambas cuencas fueron trabajados en campo (Figs. 4 y 5).

**Resultados** Las relaciones entre los diferentes datos morfométricos arrojaron las figuras 4, 5 y 6.

Las figuras precedentes muestran que a) las áreas de los abanicos-terraceas de ambas cuencas se reducen a lo largo del tiempo, de este modo los abanicos-terraceas formados últimamente tienen menores superficies que los antiguos y b) en forma simultánea el área de las cuencas de aportes disminuyen a lo largo de la formación de los abanicos-terraceas, desde T1 a T4. En síntesis, existe un desarrollo de los AAL casi similar, particularmente para los dos niveles superiores T1 y T2, sin embargo a partir de T2 se aprecia un quiebre en las curvas de las figuras 6 y 7, que podrían deberse a un cambio en la relación w/s o a una probable intervención tectónica. En AGA1 se observa un notable retroceso de las bases desde el nivel T1 al T2, pero luego a partir de T2, la situación cambia, donde el nivel T2 se encuentra en una posición topográfica superior a la de T1. Esta situación ha podido ser interpretada por los presentes autores con la modelación de abanicos con diferentes w/s. El flujo más denso T2 no alcanzó a cubrir o traspasar el de T1 (Modelo 3a). Esto contrariamente a lo que enuncian algunos autores permite indicar que la disposición de los abanicos consecutivos sea de menor edad. Aquí T1 (más antiguo) queda topográficamente más bajo que T2 (más moderno) debido a las variaciones en los flujos. Asimismo, el río San Juan, de drenaje O-E,

*Tabla 1 - Parámetros Morfométricos Abanico Aluvial Telescópico AGA1.*

ID	Sup. (Km <sup>2</sup> )	Long eje mayor (Km)	Ancho	Perímetro	Ápices (m)	Bases (m)
AGA1-1	1,346	2,443	1,945	7,737	K1=458,41	D1=-231,04
AGA1-2	1,036	1,753	1,928	6,565	K2=528,91	D2=255,86
AGA1-3	0,491	1,711	0,848	4,310	K3=167,52	D3=200,94
AGA1-4	0,168	1,594	0,386	3,701		

*Tabla 2 - Parámetros Morfométricos Abanico Aluvial Telescópico AGA2.*

Abanico AGA2						
ID	Sup (Km <sup>2</sup> )	Long eje mayor (Km)	Ancho	Perímetro	Ápices (m)	Bases (m)
AGA2-1	0,543	2,775	0,928	6,702	K1=835,89	D1=108,67
AGA2-2	0,492	1,825	0,928	5,120	K2=654,07	D2=187,27
AGA2-3	0,127	1,344	0,166	3,030	K3=653,64	D3=200,94
AGA2-4	0,035	0,644	0,084	1,460		

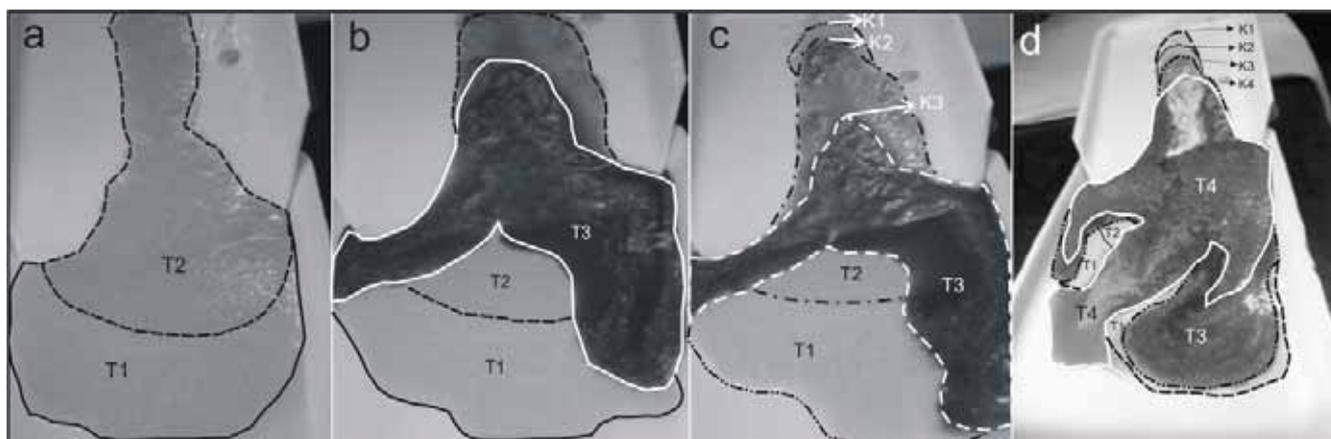


Figura 3 - Modelos de laboratorio obtenidos con distintos flujos (w/s): (a) primer y segundo abanico-terracea. T1 y T2 (T1 corresponde a un flujo diluido y T2 a un flujo más concentrado en sedimentos); (b) se forma el tercer abanico-terracea, T3, con un flujo más diluido que el que formó T2, se divide en dos brazos y sobrepasa el nivel topográfico de T2, aguas abajo; (c) se aprecian los distintos knicks, K1, K2 y K3 correspondientes a T1, T2 y T3. (d) formación del nivel de terracea T4, con un flujo de una relación w/s moderadamente superior a 1, alta cantidad de agua y poca carga sedimentaria.

muy diferente al de las cuencas AGA 1 y 2, N-S, ha eliminado a través de su curso antecedente gran parte de las porciones distales de los últimos T.

**DISCUSIÓN** Los abanicos aluviales telescópicos se distribuyen en distintas cuencas argentinas ubicadas en la margen oriental de los Andes, desde la Puna, al norte, siguen hacia el sur en la provincia de Salta, San Juan hasta la provincia de Mendoza (Colombo 2005). En las

cuencas de los ríos Sasso y Sassito, este autor indica que la formación de los AAL se podría corresponder a variaciones importantes en el tiempo atmosférico y que podrían estar controlados por una causa general relacionada, probablemente, con la actividad climática reciente de El Niño. En estos abanicos compuestos de niveles de abanicos menores, el encajamiento o segmentación de los niveles es progresivo. Un AAL es entonces en opinión de los presentes autores una

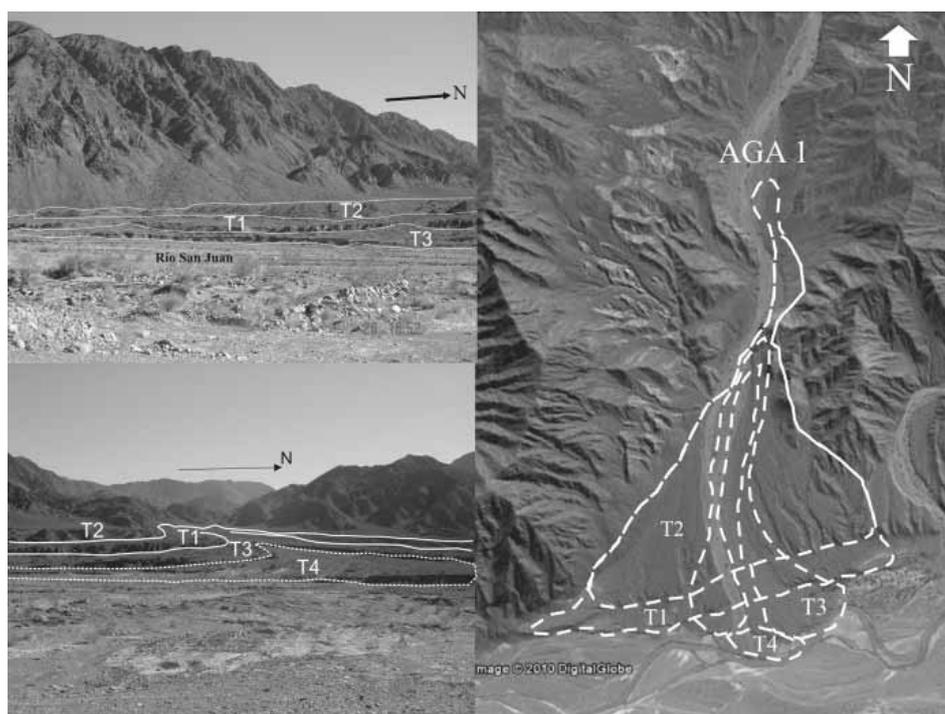


Figura 4 - Imágenes y fotos de campo de la cuenca AGA1.

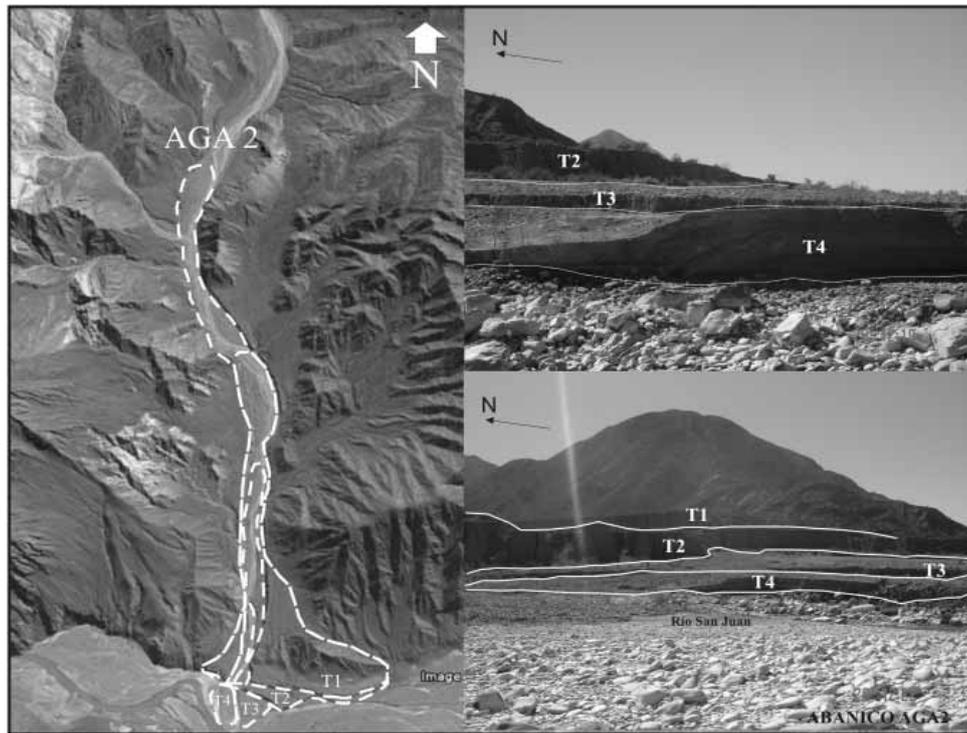


Figura 5 - Imágenes y fotos de campo de la cuenca AGA2.

geoforma construccional policíclica que testimonia diferentes procesos ocurridos en episodios sucedidos a lo largo del tiempo. En acuerdo con Llopis Lladó (1947), quien cita que el frío aumenta la agresividad del agua y favorece la disolución, donde el principal agente erosivo es la gelivación que deriva de la alternancia hielo-deshielo, los presentes autores sostenidos por las modelaciones, señalamos que la relación  $w/s$  es fundamental para obtener este modelo de abanico telescópico. En estas cuencas precordilleranas habrían existido condiciones de periglacialismo de altitud que en tiempos fríos se habría favorecido el crioclastismo de las rocas con desintegración y formación de arcillas. En episodios más cálidos el deshielo y el

transporte de estos sedimentos aguas abajo produjo flujos con mayores detritos. En las terrazas T3 y T4 del AAL 2, próximos a las terrazas del río San Juan, se encontraron numerosos rodados y clastos de areniscas, afectados por crioclastismo. Los flujos de detritos y los flujos fluidos representan variaciones normales de fluidez relativa dentro de un sistema durante un evento de flujo simple (Elorza Gutiérrez 2001). Los presentes autores, y de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio notamos que la relación existente entre fluido y soluto ( $w/s$ ) constituye el factor formacional decisivo en la disposición telescópica de los distintos

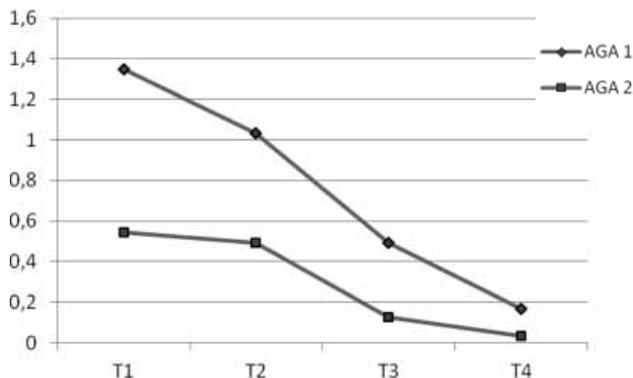


Figura 6 - Áreas de los niveles de abanicos-terrazas en las dos cuencas.

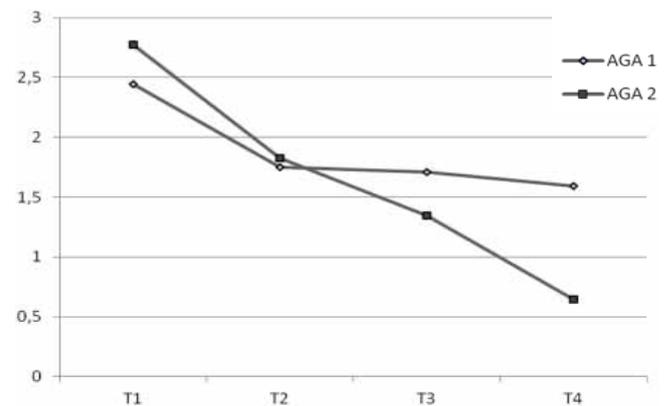


Figura 7 - Distancias entre knicks versus nivel de base de erosión, para cada abanico-terrazza, en las dos cuencas.

niveles de abanicos-terrazas, sin necesidad de cambios significativos en la pendiente longitudinal de la cuenca ni obligatoriamente de una intervención tectónica.

**CONCLUSIONES** El análisis de la modelación de distintos flujos con variadas proporciones de w/s indica que esto se podría producir al pasar de un flujo con mayor w seguido por otro con mas s y así sucesivamente. En este ambiente precordillerano habrían intervenido y participado diferentes tipos de flujos desde diluidos, de detritos a flujos viscosos. Esta alternancia de la relación w/s, producto de los distintos flujos, coadyuvaría a la morfología de un AAL. La alternancia de fases frías con cálidas habría favorecido la formación de flujos de diferentes fluidez y densidad. Para ambas subcuencas, a partir de la T2, se aprecia un aumento de pendiente

Las terrazas 1 y 2 en ambas subcuencas arrojan datos morfométricos similares, pero que a partir de la T3 y hasta la T4 cambian. Este cambio es más notable en la subcuenca 1 lo que podría ser explicado con un cambio de pendiente ante una actividad tectónica. La formación de los AAL de las dos subcuencas analizadas habría sido favorecida por condiciones periglaciares instaladas en este ámbito precordillerano durante el Cuaternario medio-tardío.

**Agradecimientos** Los autores agradecen el financiamiento parcial de los Proyectos PIP 2053 del CONICET y P 21 E- 859 CICITCA - Universidad Nacional de San Juan, para gastos derivados de las tareas de campaña. Asimismo a los árbitros intervinientes por las atinadas observaciones para mejorar el manuscrito.

### Referências

- Blair T.C. & McPherson J.G. 1994. Alluvial fans processes and forms. *En: Abrahams A.D & Parsons A.J. (eds.) Geomorphology of Desert Environments*. Londres, Chapman and Hall, p. 354-402.
- Bowman D. 1978. Determination of intersection points within a telescopic alluvial fan complex. *Earth Surface Processes*, 3(3):265-276.
- Bull W.B. 1977. The alluvial fan environment. *Progress in Physical Geography*, 1:222-270.
- Colombo F., Busquets P., Ramos E., Verges J., Ragona D. 2000. Quaternary alluvial terraces in an active tectonic region: the San Juan River Valley, Andean Ranges, San Juan province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 13:611-626.
- Colombo F. 2005. Abanicos Aluviales Telescópicos cuaternarios. *Andes Argentinos. Geogacetas*, 38:103-106.
- Dorn R.J. 1994. The role of climatic change in alluvial fan development. *En: Abrahams A.D & Parsons A.J. (eds.) Geomorphology of Desert Environments*. Londres, Chapman and Hall, p. 593-615.
- Elorza Gutiérrez M. 2001. *Geomorfología climática*. Barcelona, Ed. Omega, p. 306-321.
- Google Earth 2009. *Los dos abanicos aluviales telescópicos de las cuencas del rio San Juan*. São Juan, Imagen satelital Google Earth y Landsat, 25/08/2002.
- Harvey A.M. 1997. The role of alluvial fan in arid zone fluvial system. *En: Thomas D.S.G. (ed.) Arid Zone geomorphology*. John Wiley, Chichester, p. 231-259.
- Harvey A.M., Mather A.E., Stokes M. 2005. *Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. London, Geological Society Special Publications, 256 p.
- Janocko 2001. Fluvial and alluvial fan deposits in the Hornád and Torysa river valleys; relationship and evolution. *Slovak Geological Magazine*, 7(3):221-230.
- Llopis Lladó N. 1947. *Fundamentos de Hidrogeología cársica*. Barcelona, Editora Blume, 269 p.
- Milana J.P. 1994. Secuencias aluviales asociadas a variaciones hidrológicas: consideraciones teóricas y ejemplos. *Revista de Asociación Argentina de Sedimentología*, 1(2):103-124.
- Milana J.P. 2010. The sieve lobe paradigm: Observations of active deposition. *Geology*, 38(3):207-210. doi: 10.1130/G30504.1.
- Pittaluga M.A. & Suvires G.M. 2010. Susceptibilidad a las inundaciones por crecientes estivales y por desbordes en las localidades de Villa Nueva, Puchuzum y Villa Corral, Cuenca del Río Castaño, Calingasta, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(4):522-530.
- Ritter D., Kochel C., Miller J.R. 2006. *Process Geomorphology*. 4.ed. Long Grove, Waveland Press Inc., 545 p.
- Strahler A.N. 1992. *Geología Física*. Barcelona, Ed. Omega, 648 p.
- Suvires G.M. 2005. Distribución de los suelos en función del relieve y de la neotectónica en la región sureste de la provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59(3):376-384.
- Tripaldi A., Alonso S., Pazos P., Ciccio P., Tedesco A., Suriano J., Kietzmann D., Alorda L. 2004. *Ambientes aluviales - Apuntes de hidrogeología*. Buenos Aires, FCEN/UBA, 372 p.
- Wallace R.E. 1978. Geometry and rates of change of fault-generated range fronts, north-central Nevada. *U.S. Geological Survey Journal of Research*, 6(5):637-649.
- Wasson R.J. 1977. Last glacial alluvial fan sedimentation in the lower Derwent Valley, Tasmania. *Sedimentology*, 24:781-799.
- Williams T.E. 1973. Late Quaternary piedmont sedimentation, soil formations and paleoclimates in arid south Australia. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 17:02-125.

Manuscrito ID 21766

Submetido em 27 de junho de 2011

Aceito em 13 de outubro de 2011