

# ACCIONES ANTRÓPICAS Y PROCESOS MORFODINÁMICOS EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA (TUCUMÁN, ARGENTINA) Y SU IMPLICANCIA EN LA PROVISIÓN DE AGUA POTABLE

**Elvira Guido**

*Cátedra de Geografía Física, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205 (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, email:*

*[gyetomas@sinectis.com.ar](mailto:gyetomas@sinectis.com.ar)*

**Pablo Sesma**

*Cátedra de Geografía Física, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205 (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, email: [sesma@tutopia.com](mailto:sesma@tutopia.com)*

**Sebastián Sabaté**

*Cátedra de Geografía Física, Facultad de Ciencias Naturales., Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205 (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina,*

*email: [sebsabate@hotmail.com](mailto:sebsabate@hotmail.com)*

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Tucumán, al noroeste de la Argentina, presenta un conjunto de particularidades topográficas, biológicas y antrópicas que configuran un escenario geomorfológico tal, que los procesos morfodinámicos adquieren un especial protagonismo. Aluvionamientos, inundaciones, anegamientos sobre áreas urbanas y rurales, además de procesos de erosión hídrica y remoción en masa, son ejemplos de la geodinámica externa que frecuentemente afectan a la provincia.

El trabajo tiene como objetivos caracterizar y evaluar las acciones antrópicas y los procesos erosivos que afectan a una cuenca hidrográfica de Tucumán y que impactan en la provisión de agua potable. Se eligió como área de estudio el tramo medio de la cuenca del Arroyo Tafí, ubicado entre dos regiones geomorfológicas: montañosa, al oeste y del piedemonte, al este.

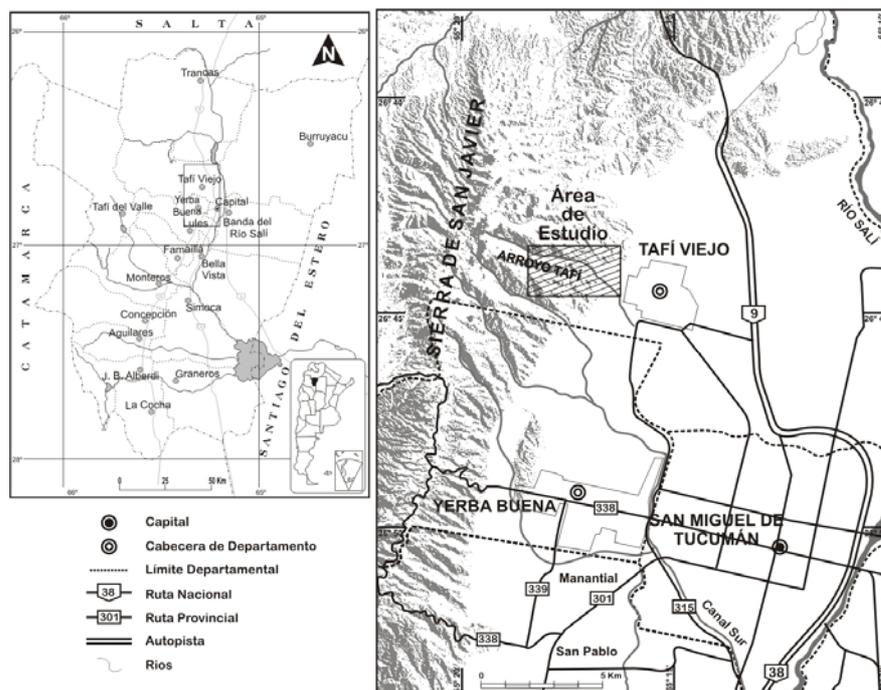
El A° Tafí provee de agua a la ciudad de Tafí Viejo a través de tomas superficiales que datan de 1898. Crónicas de esa época, indican que las vertientes atravesaban terrenos boscosos, con lluvias abundantes y buenos caudales. Sin embargo, las memorias de 1936, advertían ya del comienzo del proceso de desbosque y de la degradación paulatina del ecosistema, que alteró la capacidad de adaptabilidad y la sustentación de las tomas. Indicaban, además, del impacto sobre la estructura urbana y la calidad de vida de la población, a través de inundaciones y contaminación del agua (Corral, 1987).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del trabajo se consultó material bibliográfico general y temático y cartografía satelital. A través de la interpretación de la Carta Imagen "San Miguel de Tucumán", 2766-17, escala 1:100.000, año 1996 y 1997 del Instituto Geográfico Militar de Argentina (IGM), se delimitaron el área de estudio y su red fluvial. En la definición y caracterización de las unidades geomorfológicas y de los procesos erosivos se siguieron criterios de Verstappen y van Zuidam (1975). El trabajo se basó en recorridos de campo que permitieron la observación y evaluación de las unidades morfogenéticas, procesos erosivos y de las acciones antrópicas sobre el área de estudio.

## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

**Ubicación:** La cuenca del A° Tafí se desarrolla en la ladera oriental de la Sierra de San Javier, cordón montañoso de extensión meridional que se extiende al oeste de las ciudades de San Miguel de Tucumán, Yerba Buena y Tafí Viejo, las más pobladas de la provincia (Figura 1).



**Figura 1: Croquis de ubicación del área de estudio**

**Hidrología:** Las nacientes se encuentran a los 1.700 m.s.n.m., en el área cumbral, y su desembocadura a los 625 m.s.n.m. en el piedemonte. Posee un área aproximada de 4,967 km<sup>2</sup> y una longitud máxima de 15,3 km. El diseño de drenaje es subrectangular y el escurrimiento en sentido NO-SE, coincidente con las principales líneas tectónicas de la sierra.

**Clima:** Las condiciones climatológicas de la zona se encuentran fuertemente influenciadas por sus características topográficas. La temperatura media anual varía de este a oeste, desde los 18 °C a los 14 °C. La precipitación anual supera los 1.400 mm en el área cumbral y alcanza valores de 1.000 mm en el piedemonte. Las mayores lluvias se producen entre diciembre y marzo en donde se precipitan casi el 50% del total anual. El período invernal-primaveral es de escasas precipitaciones y bajas temperaturas. El balance hídrico es positivo con deficiencia de agua, nula o casi nula.

**Geología:** La litología del A° Tafi se inicia con un basamento metamórfico de bajo a muy bajo grado, de edad Precámbrica superior-Cámbrica inferior, integrado por pizarras y filitas, inyectadas por lentes y venas de cuarzo y bancos micáceos. Continúan sedimentos terciarios compuestos por areniscas, limolitas y arcilitas con venas y concreciones yesíferas subordinadas. Los materiales cuaternarios ocupan fondos de cauces y sectores del área cumbral. En esta última, están constituidos por loess con intercalaciones de arenas gruesas, gravas, arcillas y niveles cineríticos, a diferentes profundidades.

**Geomorfología:** La región montañosa se caracteriza por presentar elevados gradientes con laderas abruptas y cortas, que influyen en la dinámica geomorfológica y usos del suelo. Las laderas están cubiertas por una espesa vegetación arbórea, con suelos poco evolucionados y atravesados por una densa red hídrica. Las unidades morfogenéticas más significativas son las superficies cumbrales, laderas desarrolladas sobre rocas metamórficas y sobre rocas sedimentarias y las terrazas fluviales (Toledo y Neder, 1999 y Guido *et al.*, 2003).

Al oriente, continua la región del piedemonte, unidad cuyo carácter dominante está determinado y vinculado dinámica y genéticamente por su relación con la sierra. Se caracteriza por gradientes que varían entre 3 y 8 %, con una dirección general de escurrimiento NO-SE. Se desarrollan las unidades geomorfológicas de abanicos aluviales, fuertemente disectados por ríos y arroyos que descienden del área montañosa.

## PROCESOS EROSIVOS Y ANTRÓPICOS SOBRE EL ARROYO TAFÍ

Se describen a continuación los procesos erosivos, acciones antrópicas y unidades geomorfológicas del tramo de estudio del Arroyo Tafí: a) Tramo Cámara Subterránea-Toma Tafí, en el límite piedemonte-sierra y b) Toma Tafí-Toma El Nogalar, en la pendiente media de la cuenca (Figura 2).

- TRAMO CÁMARA SUBTERRÁNEA-TOMA TAFÍ: La Cámara Subterránea se desarrollada sobre el primer nivel de terrazas fluviales, sobre la margen derecha del A° Tafí. Los episodios de aluvionamiento que afectan regularmente a la cuenca, han aumentado el nivel de base del cauce, encontrándose la cámara a igual altura que el canal de estiaje. Esta situación pone en riesgo a la cámara por exponerla a las variaciones estacionales del caudal y aportes de sedimentos del arroyo. Asimismo, es de peligro para los pobladores y sus precarias viviendas que se ubican sobre la margen izquierda y que son frecuentemente afectadas por desbordes y aluvionamientos estivales.



**Figura 2: Tramos de estudio del A° Tafí (base planimétrica Carta Imagen 2766-17 del I.G.M.)**

Se observan procesos de erosión en cárcavas, algunos intensificados por los caminos de acceso. Con el paso continuo de personas, carros tirados por caballos y automotores comienza un proceso de compactación en el suelo que dificulta la infiltración de los excedentes hídricos. Al intensificarse el escurrimiento, se generan procesos erosivos lineales a la vera del camino, coincidentes con la dirección de la pendiente local. La Toma Tafí, sobre el segundo nivel de terrazas, se encuentra comprometida, especialmente en el verano, por la escasa diferencia de altura (menos de 1 metro) entre el cauce actual y el terreno de instalación de la misma (Foto 1). Se observan gaviones longitudinales, pero la sedimentación ha elevado el nivel del cauce quedando éstos casi a igual altura que el cauce activo. Las observaciones de campo permiten comprobar el estado deficitario de conservación de las instalaciones, lo que pone en riesgo la captación del agua del arroyo y la provisión de agua potable.

En el predio de la toma, una diferencia de altura de más de 2 metros, origina un salto de aguas que intensifica los procesos erosivos. La caída constante de agua erosiona el fondo del lecho y aumenta la altura del salto, además provoca procesos de erosión lateral de cauce con desplomes y remoción del material. La presencia de un sustrato geológico de elevada susceptibilidad erosiva compuesto por sedimentos limo-arcillosos, erosionables en presencia de agua aumenta el riesgo, en especial, si se tiene en cuenta que uno de los muros de las instalaciones de la toma, está apoyado sobre estos sedimentos.



**Foto 1: Canal de estiaje del A° Tafi y la Toma Tafi, a la derecha.**

- TRAMO TOMA TAFÍ-TOMA EL NOGALAR: Aparecen acciones antrópicas como “picadas” (aperturas) para extracción de vegetación y caminos en pendiente, que han desestabilizado la ladera y favorecido procesos de remoción en masa y erosión hídrica. A medida que se remonta el arroyo, se reduce su canal de estiaje, su llanura de inundación se estrecha y aparecen sedimentos que van desde bloques hasta arenas, como evidencias de su elevada capacidad de erosión y transporte. El arroyo escurre fuertemente limitado por terrazas fluviales asimétricas, de escasa superficie y de mayor desarrollo hacia la margen izquierda. El primer nivel se encuentra más alto y alejado de la influencia directa de las variaciones estacionales de los caudales siendo el preferido para la ocupación humana. Los niveles más bajos (segundo y tercer nivel) son cercanos al arroyo (Foto 2).



**Foto 2: Vista del segundo (al fondo) y del tercer nivel de terraza, en primer plano, directamente influenciados por la dinámica hídrica.**

El diseño del cauce es anastomosado, con formaciones de brazos que divagan sobre el material aluvial. La dinámica torrencial se comprueba tanto con la presencia de restos de las primeras llanuras de inundación, actualmente como “islas” al costado del canal de estiaje como con la construcción de gaviones, algunos colmatados por los sucesivos procesos de aluvionamiento. La erosión lateral de cauce ha desestabilizado las barrancas, provocado la remoción del material suprayacente y el consiguiente deslizamiento y caída de árboles sobre el arroyo. Dependiendo de la posición sobre el cauce, los árboles caídos pueden atenuar los fenómenos hidrológicos, si se encuentran paralelos a la dirección de escurrimiento y adosados a las laderas, o bien potenciarlos al ubicarse en diagonal, dirigiendo el flujo hacia una de las barrancas. Si se encuentran transversales, actúan como diques de contención que atrapan los sedimentos y disminuyen la carga de fondo.

La boca de la Toma El Nogalar se asienta sobre el segundo nivel de terrazas. El cauce en este sector es estrecho y limitado por laderas empinadas. Aproximadamente a 100 metros al norte de esta toma se encuentra una zona con problemas de drenaje, con el agravante que está sometida a una intensa acción antrópica ya que es una de las sendas principales de ascenso a la cumbre del Taficillo, lo que acentúa los procesos degradatorios.

## CONCLUSIONES

La cuenca del A° Tafí es de alta susceptibilidad erosiva, con grandes aportes de volúmenes de sedimentos, en especial durante los meses de fuertes lluvias. Esto trae aparejado un elevado riesgo de aluvionamiento e inundación para los pobladores de la zona, como así también para la infraestructura destinada a proveer de agua potable.

Las condiciones geológicas naturales tales como presencia de litología de elevada susceptibilidad erosiva, con fuerte meteorización química y física y procesos de remoción en masa y de erosión hídrica generalizados en toda el área, son las causas principales. Conjuntamente con la alta susceptibilidad geológica, se han observado un conjunto de acciones antrópicas que están potenciando los riesgos citados: construcción de picadas, asentamientos poblacionales en zonas cercanas al cauce, caminos de acceso en fuerte pendiente y sendas en terrenos de elevada susceptibilidad erosiva.

La observación en campo de los grandes volúmenes de sedimentos que quedan depositados en el cauce evidencia la dinámica hidrológica de la cuenca. A fin de asegurar y preservar la vida de los pobladores y el aprovisionamiento de agua a la ciudad de Tafí Viejo, sería conveniente controlar las acciones antrópicas y establecer un conjunto de actuaciones tendientes a atenuar y/o impedir el riesgo geológico. Se recomienda, asimismo, la realización de tareas de limpieza y manteniendo en la Toma Tafí y obras de corrección sobre el salto de agua lindante a la misma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corral, J.C. (1987). El agua en la planificación ambiental de los ecosistemas Gran San Miguel de Tucumán – Sierra de San Javier. *Parque Biológico Sierra de San Javier, Universidad Nacional de Tucumán*. Documento N° 2. Tucumán.

Guido, E.; Sesma, P.; Puchulu, M.E. y Sabaté, S. (2003). Diagnóstico preliminar de la situación geológica del Arroyo Tafí (Departamento Tafí Viejo, Tucumán). *Obras Sanitarias de Tucumán, Tucumán*. Informe técnico, inédito. 14 pp.

Toledo, M y Neder, L. (1999). Morfogénesis y morfodinámica de las cuencas hídricas que afectan la Ciudad de Tafí Viejo, Tucumán, Argentina. *I Congreso Argentino del Cuaternario y Geomorfología*. Santa Rosa. La Pampa, pp. 215-225.

Verstappen, H. y van Zuidam, R., (1975). ITC System of Geomorphological Survey. *ITC, Enschede, The Netherlands*. 52 pp.