

# Cálculo de volumen y factores desencadenantes de un deslizamiento en el camino de acceso a la Quebrada del Toro. Salta, Argentina.

Carmen Quispe<sup>1</sup> & María del C. Visich<sup>2</sup> & Ariel Umbides<sup>3</sup>

(1) *Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*  
*cquispe@unsa.edu.ar*

(2) *Escuela de Geología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*  
*mvisich@hotmail.com.ar*

(3) *Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*  
*arium4@gmail.com*

RESUMEN: La región del noroeste argentino está permanentemente expuesta al accionar de diferentes procesos de remoción en masa, debido a las características del basamento rocoso y al régimen de precipitaciones. Estos procesos ocasionan daños de diferente magnitud con incidencia en el medio ambiente y el entorno humano circundante a los mismos. En el caso específico de la Quebrada del Toro, los deslizamientos representan eventos de gran magnitud ya que provocan cortes en una de las principales rutas de acceso a la Puna salteña y al país trasandino. Particularmente, en el tramo de la ruta nacional N° 51 coincidente con la confluencia del río Blanco con el río Toro, ocurre anualmente un deslizamiento debido a la incidencia de factores geológicos, climáticos y al que se adiciona el topográfico. Este último componente tiene incidencia debido a que el relieve se encuentra desestabilizado por el trazado de la ruta mencionada. El cálculo de volumen efectuado en este sector, luego del evento ocurrido noviembre de 2012, da una aproximación de la magnitud de los procesos y permitiría adoptar medidas correctivas.

## 1. INTRODUCCION

Las características geomorfológicas del tramo inferior de la Quebrada del Toro son el resultado de la interacción entre la acción de procesos endógenos, como el tectonismo generador del relieve original y de la acción de procesos exógenos, principalmente del escurrimiento fluvial y la remoción en masa. Dentro de estos últimos, los deslizamientos son desplazamientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, a través de un plano de corte o superficie bien definida, que puede ser una diaclasa, una falla, o un plano de estratificación. El proceso analizado corresponde a un deslizamiento traslacional. Este tipo de movimiento afecta el sustrato rocoso, donde afloran rocas de la Formación Puncoviscana, con pendientes superiores a 20°.

### 1.1. Ubicación Geográfica y vías de acceso

La zona de estudio se encuentra ubicada en el tramo inferior de la Quebrada del Toro en las proximidades de la localidad de Campo Quijano. Las coordenadas geográficas que ubican el sector

donde se calculó el volumen deslizado son 24°53'57.2" Lat. Sur; 65°39'48.1" Long. Oeste. Se accede al lugar por vía terrestre desde la ciudad de Salta a través de la ruta nacional N° 51, la que después de superar la localidad de Campo Quijano ingresa a la Quebrada del Toro y conduce hasta San Antonio de los Cobres y desde allí al norte chileno. Fig. 1.

### 1.2. Caracterización geológica del área

El área donde se efectuó el cálculo del volumen de material deslizado forma parte de los relieves que constituyen el flanco oriental de la Quebrada del Toro, la que desde el punto de vista geológico, estructural y litológico pertenece a la unidad morfoestructural de Cordillera Oriental (Turner, 1979), petrográficamente constituida por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Esta unidad está tectónicamente afectada por fracturas de rumbo meridional y otras menos frecuentes de dirección noroeste-sureste, responsables del diaclasamiento de las rocas afectadas, las que en este sector corresponden a

rocas metamórficas, filitas y pizarras de la Formación Puncoviscana.

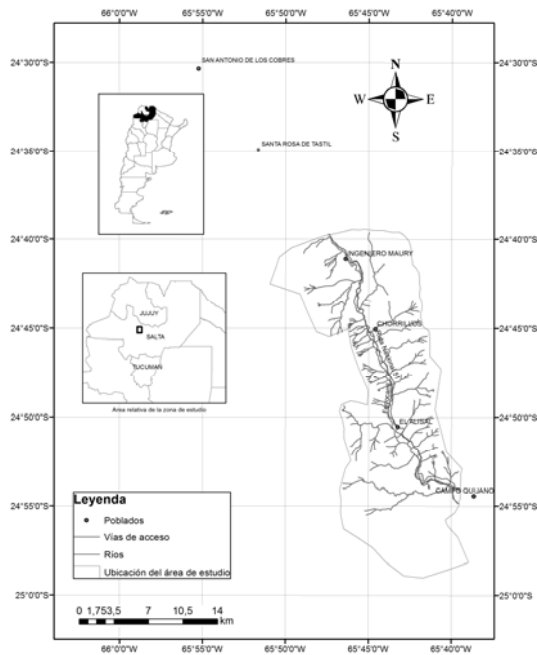


Figura 1: Ubicación y vías de acceso

### 1.3. Factores climáticos

Las precipitaciones de la región se producen en verano, entre diciembre y marzo, bajo la influencia de las corrientes húmedas provenientes desde el Este, anticiclón del Atlántico. Las precipitaciones decrecen hacia el oeste debido a que los vientos del este empujan las nubes contra las laderas orientales, donde se elevan y condensan originando lluvias de tipo orográfico. Hacia el interior de la Quebrada, en dirección occidental se manifiesta un aumento de aridez (Igarzabal, 1971) que además se evidencia en el tipo de vegetación y el escaso desarrollo de suelos.

La estación meteorológica de Campo Quijano, tiene un registro medio anual de 889 mm de precipitaciones. El menor registro corresponde al año 1967 con 512 mm, mientras que el mayor registro es para el año 1979 con 1565 mm.

El pluviograma, Fig. 2, evidencia que en el período 1977- 1990 se midió la mayor cantidad de agua caída superando los 800 mm promedio; siendo el máximo registrado 1565 mm en el año 1979 (Bianchi, 1996).

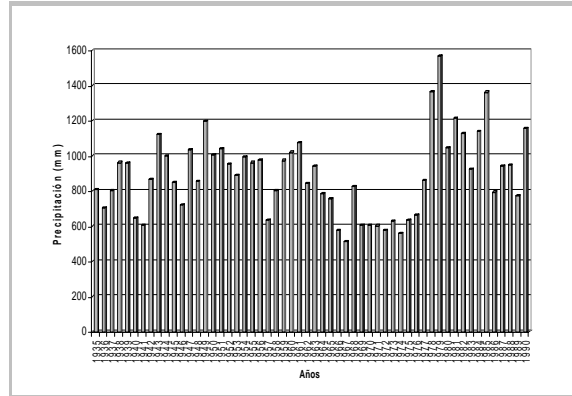


Figura 2: Pluviograma de Campo Quijano

### 1.4- Vegetación y Suelos

El Clima incide en las características de la vegetación y los suelos, los que corresponden desde el punto de vista fitogeográfico en el tramo Campo Quijano-El Alisal a la región Selva y Bosque Montano, mientras que, hacia el norte en el tramo El Alisal-Ingeniero Maury a la región Prepuna. Los relieves afectados por deslizamientos y estabilizados parcialmente presentan *Lamprothyrus hieronymi*, “siringuillas” o “pasto llorón” indicativo de antiguas superficies de deslizamiento; este tipo de arbusto suele adaptarse a las nuevas condiciones que se generan después de este tipo de fenómeno. La siringuilla actúa como fijadora de suelos lo que la convierte en opción válida para el control de taludes que puedan desestabilizarse a raíz de la construcción de la ruta. Los suelos (Nadir, 1990) son de 2 tipos: luvisoles y fluvisoles correspondientes a la Asociación La Quesera-La Quesera Chica. En general los suelos son incipientes, de débil desarrollo y con perfiles A-AC-C. Los suelos de mayor aptitud agropecuaria son los del tramo Campo Quijano-El Alisal, tienen un mayor desarrollo, la vegetación es más abundante, disminuyendo la erosión del suelo y la ocurrencia de procesos gravitacionales es limitada.

### 1.4. Relieve

La quebrada del Toro constituye una amplia depresión de rumbo NNE-SSO. Es recorrida por el río del mismo nombre, cuya naciente se ubica en el nevado de Chañi (6.200 m s.n.m.) y su desembocadura se halla a la latitud de Campo Quijano (1.520 m s.n.m.). La localidad mencionada se encuentra a 25 km al sudoeste de la ciudad de Salta. La diferencia de altura entre el nevado de Chañi y Campo Quijano es considerable ya que el desnivel es de 4.680 metros.

Tanto en el cordón montañoso que conforman el límite este como oeste de la quebrada del Toro poseen cerros cuya altura superan los 4000.

### 1.5. Relación entre pendiente, procesos y morfologías.

En el tramo analizado aún cuando la cobertura vegetal es abundante las laderas se encuentran cubiertas por un espeso manto de detritos y las vertientes evolucionan mediante procesos de caídas, deslizamientos y flujos (Chain, 1999). Por otro lado, la construcción de caminos y/o vías del ferrocarril se convierten en factores de desestabilización de laderas, susceptibles a deslizamientos. Las características geomorfológicas del tramo inferior de la quebrada del Toro son el resultado de la interacción entre la evolución tectónica y la acción de agentes externos, principalmente del escurrimiento fluvial y la remoción en masa (Chaín, 1969), estos procesos permitieron el desarrollo de una cicatriz de despegue la que en sus evolución dio lugar a un deslizamiento con una pendiente de  $55^\circ$ , la pendiente del cono de detritos actual es de  $41^\circ$ . En esta región es posible reconocer dos ambientes diferentes a partir de las características morfológicas uno corresponde a la margen derecha de la quebrada y el otro a la margen opuesta. En la margen izquierda predominan los flujos densos, y los abanicos aluviales son, en su mayoría, activos; en cambio en la margen derecha los abanicos son inactivos y los flujos son escasos.

## 2. CALCULO DE VOLUMEN

### 2.1. Introducción

El sector estudiado, Fig. 3, corresponde a un tramo de corta longitud ubicado al costado de la ruta nacional N° 51. Su obstrucción debido a los deslizamientos en épocas de intensas lluvias impide la circulación y requieren la intervención de organismos como Vialidad Nacional.



Figura 3: Zona de deslizamiento

Desde el punto de vista topográfico es posible obtener datos para un cálculo estimativo de la cantidad de material deslizado. Este resultado permitiría realizar o proponer algunas obras correctivas dado que se observa que el relieve, desde este sector hasta el paraje Las Higuieritas, presenta las mismas características geológicas y estructurales.

### 2.2. Metodología de Trabajo

Con la finalidad de elegir el método y el instrumento adecuado, se consideraron los siguientes factores: objeto de la determinación de cotas o desniveles, coordenadas y por consiguiente, precisión requerida.

Efectuado el reconocimiento del sector en el que se debía efectuar la toma de datos, se analizaron además, para la elección del método e instrumento, la morfología, la forma alargada o superficial y la extensión del área de estudio (Umbides, 2013).

Considerados en forma conjunta estos factores, se creyó conveniente aplicar el método taquimétrico (Quispe, 2012).

En la Fig. 4, se indican los puntos más representativo para el cálculo del volumen deslizado y el cálculo de pendiente.

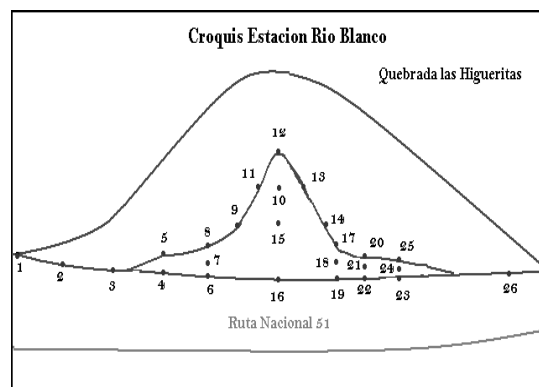


Figura 4: Croquis estación Río Blanco

### 2.3. Resultados

Como resultado de los cálculos efectuados, se ha determinado que la ladera ha adquirido una pendiente de  $55^\circ$ , siendo la pendiente previa al deslizamiento  $81^\circ 30'$ . Para calcular el volumen acumulado existente, del material producto del deslizamiento, se consideró una figura principal, pirámide de base rectangular y una secundaria, Fig. 5.

De los cálculos efectuados se determinó que este volumen se aproxima a los  $7m^3$ . El resultado es estimativo, ya que, al momento de realizar el

relevamiento topográfico la zona del deslizamiento fue modificado al retirarse el material que obstaculizaba el camino. Las expresiones empleadas para efectuar el cálculo de volumen son las siguientes:

$$V1 = \frac{1}{3}(a * b) * h \quad (1)$$

$$V2 = \frac{1}{2}(a * d) * b \quad (2)$$

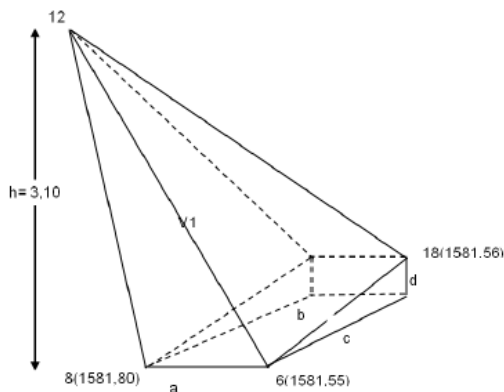


Figura 5: Esquema del cuerpo considerado para el cálculo de volumen

### 3. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista geológico, la cuenca del río Toro pertenece a la unidad morfoestructural de Cordillera Oriental, caracterizado por cordones orográficos de orientación meridiana a submeridiana, con alturas que superan los 4.000 m s.n.m.

El clima presenta variaciones debido al relieve (lluvias orográficas). Desde Campo Quijano hasta El Mollar, es templado con estación seca (invierno). El Clima incide en las características de la vegetación y los suelos, los que corresponden desde el punto de vista fitogeográfico en el tramo Campo Quijano-El Alisal a la región Selva y Bosque Montano.

En el tramo Campo Quijano-El Alisal, los suelos tienen un mayor desarrollo, la vegetación es más abundante, disminuyendo la erosión del suelo y la ocurrencia de procesos gravitacionales es limitada.

En la margen izquierda predominan los flujos densos y deslizamientos, en parte como consecuencia de que las precipitaciones son más abundantes sobre esta margen. Según lo calculado en el tramo de río Blanco los volúmenes de materiales deslizados adquieren un volumen considerable produciendo cortes de ruta.

La traza de la ruta Nacional N° 51 en el tramo inferior de la Quebrada del Toro constituye un

importante factor antrópico a tener en cuenta en el desenlace de los procesos de remoción en masa, los que producen durante la temporada estival, cortes de ruta que generan riesgo de accidentes sobre un importante camino de acceso a la Puna y al País trasandino.

El volumen de material calculado, otorga importancia desde el punto de vista aplicado, ya que permitirían efectuar o adoptar medidas de corrección.

### REFERENCIAS

- Bianchi, A. R. Temperaturas medias estimadas para la región noroeste de Argentina, *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, Salta, 383, 1996.
- Chaín, M., Métodos de la Geomorfología Moderna, Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, *Seminario I*, 1-48, 1969.
- Chaín, M., El modelado de laderas en el río Toro, Salta, *XIV Congreso Geológico Argentino*, Actas II, 1999.
- Nadir, A. & T. Chafatinos. *Los suelos del N.O.A.* (Salta y Jujuy), Tomos I, II y III, Universidad Nacional de Salta, Salta, 1990.
- Igarzabal, A. P. Remoción en masa en la quebrada del Toro, Salta, Editorial Opera Lilloana XXI. (op. Lill.), Universidad Nacional de Tucumán, República Argentina, Fundación e Instituto Miguel Lillo, 1971
- Quispe C. & S. Echazú, Los deslizamientos en el Cerro San Bernardo, Parte II, *VIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA*, 46, 2012.
- Turner, J. C. M. & R. Mon, Cordillera Oriental, J. C. M. (Ed.). *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba. 1, 57-94, 1979.
- Umbides, A. Consecuencias ambientales de los procesos geológicos actuales en el tramo inferior de la Quebrada del Toro, provincia de Salta, Argentina, Tesis de grado, 2013.