

## **DETERMINACIÓN DE NIVELES DE AGUA EN CRECIDAS, POR MEDIO DE FOTOGRAFÍAS TERRESTRES**

**GARDIOL, Mario Ruben**

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Dpto. de Cartografía y Agrimensura. - 3000 - Santa Fe – Argentina –TE: (54) (342) 4575234/44-int. 178. mariogardiol@fich.unl.edu.ar

### **RESUMEN**

En la subcuenca del arroyo Las Turbias no se disponen de equipos que registren las alturas máximas de las crecidas para evaluar el riesgo de interrupción del tránsito en las principales vías de comunicación. Ante esta situación, se debe recurrir a registros fotográficos al fin de determinar dichos valores. En este caso se recurrió a registros fotográficos de las crecidas de los años 2007, 2011, 2012 y 2015 en la intersección de dicho arroyo con las rutas provincial N° 13 y nacional N° 34. Realizando mediciones en los objetos documentados en las fotografías y relacionándolo a mediciones topográficas se determinó las cotas de pelo de agua de las diferentes crecidas y en diferentes momentos del mismo evento. Este análisis permitió establecer que la ruta provincial N° 13 solamente fue sobrepasada la calzada en 0,29 m en la crecida del año 2012 y la ruta nacional N° 34 fue sobrepasada por las crecidas 2007, 2011, 2012 y 2015; siendo la mayor en el año 2007 (0,48 m).

**Palabras claves:**cota, crecida, fotografía.

### **DETERMINATION OF FLOOD WATER LEVELS BY TERRESTRIAL PHOTOGRAPHS**

### **ABSTRACT**

In the subbasin of Las Turbias stream, there are no equipment that registers the maximum heights of the floods to evaluate the risk of interruption of traffic of the main communication routes. In view of this situation, photographic records should be used in order to determine such values. In this case photographic records of the floods of the years 2007, 2011, 2012 and 2015 were used at the intersection of this stream with the provincial routes No. 13 and national No. 34. Making measurements on the objects documented in the photographs and relating it to topographic measurements were determined on the height of the water of different floods and at different times of the same event. This analysis allowed to establish that the provincial route N° 13 was only surpassed the road in 0,29 m in the flood of the year 2012 and the national route N° 34 was surpassed by the floods 2007, 2011, 2012 and 2015; being the largest in the year 2007 (0.48 m).

**Keywords:** altitude, flood, photographs.

## Introducción

Al planificar el desarrollo de vías de comunicación terrestre es indispensable disponer de una buena variedad de información relacionada al territorio en donde se desean implementar. Y en el caso en que la vía de comunicación deba cruzar un curso hidrográfico es necesario analizar qué tipo de estructura (puentes, alcantarillas) y con qué diseño se deben construir a fin de que no sea afectada por la acción del agua que transporta dicho curso. Esta situación nos obliga a conocer las características geológicas-geomorfológicas (substratos, suelos, etc.) del área donde se va a implementar la vía de comunicación, además de las características hidrológicas y sedimentológicas (caudal máximo y medio, tipo de sedimento que compone el cauce y transporta el curso, etc.) que presenta el propio curso hidrográfico.

Un punto fundamental a considerar en las características hidrológicas es conocer los niveles máximos del agua alcanzado en las crecidas ordinarias y extraordinarias que sufren periódicamente los cursos hidrográficos ya que estos niveles condicionan, no únicamente la altura que debe presentar la calzada de la vía de comunicación, sino también las dimensiones y cantidad de puentes o alcantarillas a construir para permitir el paso del agua de las crecidas y establecer las características de los terraplenes (tipo de material, cota, talud, etc.) que interrelacionan dichas estructuras.

No obstante, si analizamos la disponibilidad de datos sobre la altura de los niveles máximos alcanzados por las crecidas acontecidas en las diferentes cuencas y subcuencas hídricas en la provincia de Santa Fe, se aprecia una escasez de los mismos ya que no se disponen de registros hidrométricos permanentes en los cursos hidrográficos. Como consecuencia, esta situación obliga a recurrir a otras fuentes de información, como ser: la realización de trabajos de campos posteriores a una crecida al fin de registrar las alturas de las aguas o a analizar registros fotográficos o de video que documentan las crecidas.

La subcuenca del arroyo Las Turbias, se encuentra localizada en la provincia de Santa Fe entre 61°55'48" y 61°09'54" de longitud oeste y 32°27'18" y 32°16'00" de latitud sur, presenta una superficie de 919 km<sup>2</sup> e integra la cuenca Carrizales-Monje. Limita al norte con las localidades de Centeno, El Trébol y María Susana, al oeste con Bouquet, al sur con Montes de Oca, Las Rosas y San Genaro y al oeste con Díaz y Casalegno (Fig. 1). Las principales vías de comunicación terrestre que se encuentran son la ruta nacional N° 34, las rutas provinciales N° 13, 65, 20, 91 y las rutas provinciales secundarias N° 31, 32, 42 y 44. Además se encuentra una red bastante amplia de caminos rurales y vías férreas relacionadas a las empresas Ferrocarriles General Belgrano (FCGB) y Nuevo Central Argentino (NCA).

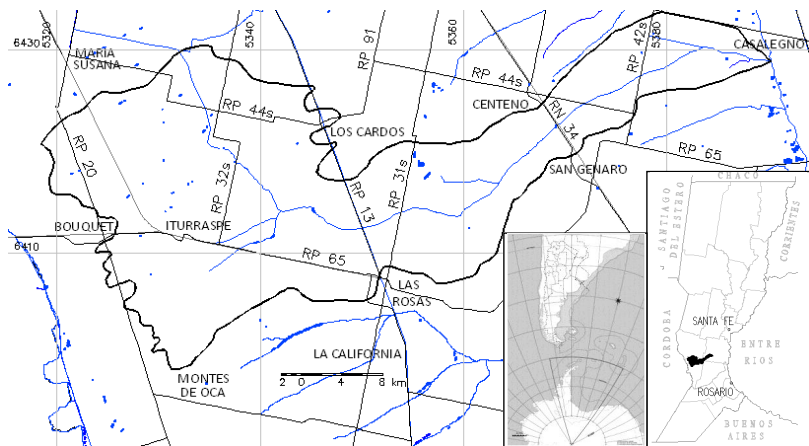


Fig. 1: Localización de la subcuenca del arroyo Las Turbias

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la cota del pelo del agua en diferentes crecidas producidas en la intersección del arroyo Las Turbias con las rutas provincial N° 13 y nacional N° 14 por intermedio del análisis de fotografías terrestres.

### Materiales y métodos

Inicialmente se decidió realizar una búsqueda de antecedentes en diferentes organismos y entidades públicas y privadas (de carácter nacional, provincial, municipal, regional y local). A nivel cartográfico se dispuso de 3 cartas topográficas realizadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:50.000 (denominadas Centeno, San Genaro y Las Rosas), archivos vectoriales con información vial, férrea, hidrográfica, parcelaria, curvas de nivel, límites de cuencas y subcuencas, límites políticos y toponímica (aportado por el Servicio de Catastro e Información Territorial), planos de la ruta provincial N° 13 (año 1961 y 1995) suministrado por la Dirección Provincial de Vialidad y planos de reacondicionamiento del arroyo Las Turbias realizados por el Ministerio de Infraestructura y Transporte (MIT) de la provincia en el año 2012, donde presentan una planialtimetría y un perfil longitudinal de dicha obra, ubicación de los puntos fijos y características de las alcantarillas realizadas.

Al realizar la búsqueda de registros fotográficos o filmicos de las crecidas se pudo acceder a fotografías realizadas por personal de la Secretaría de Recursos Hídricos (del MIT), de la municipalidad de Las Rosas, del Comité de Cuenca del arroyo Las Turbias y de la cooperativa Agricultores Federados Argentinos S.C.L. (AFA) de San Genaro. También se dispuso de registros realizados por el diario Convergencia (de

San Genaro) y por productores agropecuarios que tienen sus propiedades próximas al arroyo Las Turbias. Es necesario destacar que se dispuso de otros registros fotográficos y de video que documentaban la afectación hídrica de los campos, caminos rurales y rutas provinciales secundarias pero, debido a que se disponía de una mayor cantidad de fotografías de las rutas provincial N° 13 y nacional N° 34, se decidió trabajar sobre estos dos últimos sectores.

También se dispuso de valores de alturas de aguas obtenidas en el diario El Litoral (de Santa Fe), por información verbal de productores agropecuarios y mediciones topográficas de campo (posteriores a la crecida de 2015). Según la información recopilada se pudo establecer como fechas posibles de los principales picos de las crecidas acontecidas en los últimos años las siguientes: 30 o 31 de marzo del 2007; 19, 20 o 21 de diciembre del 2012; 31 de octubre, 1 o 2 de noviembre del 2013 y 9 o 10 de agosto de 2015.

Posteriormente se decidió realizar, en cada sector de estudio, un relevamiento planialtimétrico con una estación total (Kolidá KTS440); documentando la distribución espacial de los diferentes elementos observados en las proximidades de la intersección del arroyo con las vías de comunicación (puentes, alcantarillas, ancho de ruta y vías férreas, postes eléctricos de alta tensión, postes telegráficos, postes de alambrados, carteles de señalización, guardarrails y estructuras edificadas). Dicho relevamiento se relacionó a puntos fijos altimétricos identificados en los planos de reacondicionamiento del arroyo. También se realizaron mediciones con cinta métrica de los detalles estructurales de los diferentes elementos observados en los registros fotográficos o filmicos. Además, se obtuvieron fotografías generales y de detalles de los elementos medidos.

Luego se procesaron los datos medidos en campo y se generó una planimetría y un perfil longitudinal sobre el eje del arroyo Las Turbias de cada sector. Posteriormente, analizando cada elemento registrado en cada fotografía recopilada y conociendo la cota topográfica y proporción estructural de los mismos se estableció la cota del nivel del agua alcanzado por la crecida en el momento del registro. Como también se dispuso de registros de las crecidas en video se realizaron mediciones en dichas imágenes al fin de verificar los datos obtenidos en las fotografías.

Además, se aplicó en algunas fotografías el método fotogramétrico de perspectiva inversa al fin de determinar los anchos de inundación producidas por la crecida. Mayores detalles sobre este procedimiento analítico pueden ser analizados en Quaintenne (1947) y ejemplos prácticos en Gardiol (2011, 2008).

Finalmente, los datos calculados de las alturas de las aguas en cada uno de los elementos registrados en diferentes momentos de una misma crecida o diferentes crecidas, se representaron en los perfiles longitudinales (Fig. 2).

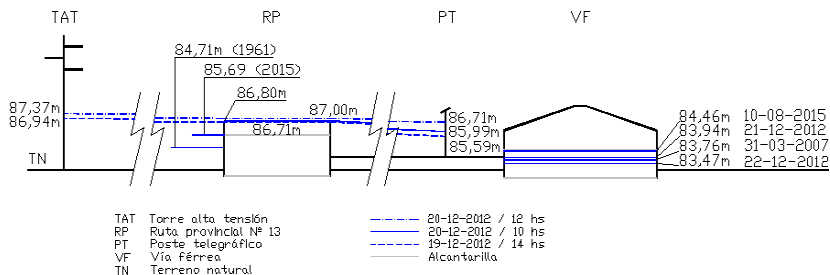


Fig. 2: Perfil longitudinal en la ruta provincial N° 13 con las alturas de pelo de agua determinadas

## Resultados y Discusión

Con respecto a la ruta provincial N° 13 se pudo disponer de la siguiente información:

- Crecida previa a 1961 (plano DPV, cota máxima de 84,71 m)
- Crecida 2007: fotografía municipalidad de Las Rosas (31/03 a las 11:27 hs, 83,76 m)
- Crecida 2012: fotografía del Comité de Cuenca (19/12 a las 14:00)  
fotografía municipalidad de Las Rosas (20/12 a las 10:00)  
fotografía del productor Eduardo Pranzetti (20/12 a las 12:00)  
fotografía de la productora Susana Giordanino (21/12 a la tarde)  
fotografía municipalidad de Las Rosas (22/12 a las 10:00)
- Crecida 2015: fotografía de la productora Susana Giordanino (10/8 a la mañana, 84,46 m)  
mediciones topográficas (cota 85,69 m)

Observando las diferentes fotografías se aprecia que en las mismas se registraron como principales elementos: postes de alta tensión (localizado a 80 m aguas arriba de la ruta), guardarrails y señales de tránsito localizadas sobre la misma ruta, y postes telegráficos y alcantarillas de la vía férrea localizados aguas abajo de la ruta a 24 m y 29 m, respectivamente.

Analizando el plano realizado por la DPV en el año 1961, no manifiesta la fecha de la crecida, pero sí especifica que ese valor corresponde a la cota máxima. En la crecida del 2007, la fotografía registrada por la municipalidad de las Rosas documenta las alcantarillas de la vía férrea y fue realizada posteriormente al pico de la crecida ya que se aprecia unas marcas de humedad en la misma alcantarilla 1 m más arriba del pelo de agua determinado.

En el caso de la crecida del 2012, en la fotografía obtenida por el Comité de Cuenca se observa un valor del pelo del agua en el poste de alta tensión de 86,94 m, sobre la ruta el agua está empezando a pasar sobre ella (86,71 m) y luego en el poste telegráfico la cota es de 85,59 m. En la fotografía de la municipalidad de Las Rosas en el poste telegráfico el pelo de agua subió 43 cm, en la ruta 29 cm y en el poste telegráfico 1,12 m con respecto a la documentación anterior. En la fotografía del productor agropecuario Eduardo Pranzetti, la cota del pelo del agua en la ruta bajo 20 cm y en el poste telegráfico bajo 72 cm (con respecto al registro previo). En la foto de la productora agropecuaria Susana Giordanino la cota en la alcantarilla de la vía férrea es de 83,94 m y en la fotografía de la municipalidad de Las Rosas en la misma alcantarilla es de 83,47 m.

En el caso de la crecida de 2015, la fotografía de la productora agropecuaria Susana Giordanino, también documenta las alcantarillas de la vía férrea y fue realizada en forma posterior a la crecida ya que según las mediciones topográficas realizadas (el 2 de septiembre del 2015) a marcas dejadas por el pico de la crecida en la propia ruta presenta una altura mayor de 1,23 m.

Como resultado final, se puede establecer que, en la ruta provincial N° 13, la cota del pico de la crecida del año 2007 ocurrió antes de las 11:27 del 31/03, el pico de la crecida del 2012 ocurrió entre las 10:00 y las 12:00 del 20/12 y el pico de la crecida de 2015 ocurrió antes de la mañana del 10/08.

En relación a los anchos de inundación, medidos por procesos fotogramétricos en las fotografías de la crecida del año 2012 obtenidas por la municipalidad de Las Rosas y el productor agropecuario Eduardo Pranzetti se obtuvo una dimensión de 919 m y 916 m respectivamente. No obstante, existe una diferencia con los valores medidos en campo, ya que si comparamos los anchos de inundación para las cotas de pelos determinadas en las fotografías obtenemos valores topográficos de 677 m.

En relación a la ruta nacional N° 34 se pudo disponer de la siguiente información:

- Crecida 2007: fotografía del productor agropecuario Walter Lenzi (30/03 al mediodía)
- Crecida 2011: fotografía del MIT (11/05 a las 17:38)  
Diario El Litoral (14/05, 55,80 m)
- Crecida 2012: fotografías del Comité de Cuenca (19/12 a las 11:55)  
fotografía del diario Convergencia (19/12 a las 14:09)  
mediciones topográficas (cota 56,03 m)
- Crecida 2015: fotografía de AFA (10/08a las 8,38)  
fotografía del productor agropecuario Walter Lenzi (10/08 a las 9:10)  
mediciones topográficas (cota 56,09 m)

Observando las diferentes fotografías se aprecia como elementos principales: estructura edificada (localizado a 25 m aguas arriba de la ruta), guardarrail y señales de tránsito localizadas sobre la misma ruta, y estructura de un puente (a 25 m, perteneciente a la antigua traza de la ruta N° 34) y alcantarillas de la vía férrea (a 55 m) localizadas abajo de la ruta.

En la fotografía de la crecida del año 2007, en la estructura edificada se midió una altura de agua de 56,05 m, en el lado aguas arriba de la ruta una altura mayor en 0,14 m y en el lado aguas abajo de la ruta una altura menor en 0,26 m (al lado opuesto de la ruta). En la fotografía de la crecida del año 2011, la cota del pelo de agua en la estructura edificada era de 55,27 m y en la estructura del puente de la antigua traza era 0,11 m menor (donde el agua ya tocaba la parte inferior del tablero).

En el caso de la crecida del año 2012, en la fotografía del Comité de Cuenca, se midió una cota del pelo del agua en la estructura edificada de 54,27 m y en la estructura del puente de la antigua traza era 0,07 m mayor. En la fotografía del diario *Convergencia* (Fig. 3), en la estructura edificada la cota era de 56,02 m y en el lado aguas arriba y debajo de la ruta la cota era 0,22 m más bajo (que en la estructura). Y según las mediciones topográficas realizadas según información brindada por el productor agropecuario Germán Franchi el pico de la crecida llegó a una cota de 56,03 m.



Fig. 3: Fotografía de la ruta nacional N° 34 en la crecida del año 2012

En el caso de la crecida del año 2015, en la fotografía del AFA la cota en la estructura edificada es de 55,14 m y en la fotografía del productor agropecuario Walter Lenzi en la misma estructura la cota es de 55,75 m. y, según las mediciones topográficas realizadas (el 9 de septiembre del 2015) a las marcas dejadas por el pico de la crecida en la propia ruta corresponde a un valor de 56,09 m.

Como resultado final, se puede establecer que en la ruta nacional N° 34, la cota del pico de la crecida del año 2007 ocurrió próximo al mediodía del 30/03 y el pico de la crecida del 2011 fue posterior al día 11/03 y antes del día 14. El pico de la crecida del 2012 fue posterior a las 14:09 del día 19/12 y el pico de la crecida de 2015 ocurrió después de las 9:10 del día 10/08.

En relación a los anchos de inundación medidos por procesos fotogramétricos, en la fotografía de la crecida del año 2007 y 2015 obtenida por el productor agropecuario Walter Lenzi y la del diario Convergencia (del año 2012) se obtuvo dimensión de 854 m, 855m y 1378 m respectivamente. Al compararla con los valores obtenidos por las mediciones en campo, se aprecia valores aproximados en las crecidas del 2007 y 2015 (de 950 m en ambos casos) y bastantes diferentes en la crecida del año 2012 (512 m).

## Conclusiones

Según los datos obtenidos, al analizar las distintas documentaciones fotográficas, en la ruta provincial N° 13 la mayor cota del pelo de agua alcanzado por una crecida se produjo en el año 2012 con un valor de 87 m, superando la cota de la misma ruta en un valor de 29 cm. En el pico del año 2015 faltaron 1,02 m para superar la calzada y en la crecida previa al año 1961 le faltó 2,00 m.

En la ruta nacional N° 34 la mayor cota del pelo alcanzado por una crecida se produjo en el año 2007 con un valor de 56,19 m, superando la altura de la calzada de la ruta en 0,48 m. En la crecida de 2011 superó la calzada en 0,09 m; en el 2012 por 0,32 m y en el 2015 por 0,38 m.

Esta situación indicaría que la calzada de la ruta provincial N° 13 es sobrepasada en crecidas importantes, mientras que la calzada de la ruta nacional N° 34 es sobrepasada con mayor facilidad ante crecidas no tan importantes.

El método de perspectiva inversa en unas mediciones dio resultados concordantes con los obtenidos por topografías y en otros casos no. Por lo tanto, se deberían hacer mayores experiencias al fin de identificar errores y evaluar el método.

Es necesario destacar que para estos análisis es necesario contar con fotografías que documenten detalles físicos encontrados en el trabajo de campo, que sean en lo posible fotografías cercanas y que registren el pico del evento. La buena calidad de la fotografía es muy importante para poder realizar este tipo de estudio.

Además de la interrelación topográfica entre los diferentes elementos medidos en campo es fundamental realizar mediciones auxiliares de los detalles estructurales de los mismos ya que las magnitudes de esos detalles colaboran en la definición y control de las cotas de los niveles de las crecidas.



## Agradecimientos

Este análisis corresponde a una etapa del proyecto de investigación CAID 2016 “Riesgo asociado a fenómenos de origen hídrico en la cuenca del arroyo Las Turbias, provincia de Santa Fe, en el contexto de la variabilidad y el cambio climático regional” financiado por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral.

## Referencias

- Gardiol, M.; Ocampo, C. (2008). Aplicación de técnicas de perspectiva inversa a fotografías aisladas para la reconstrucción de crecidas históricas. En: XIV Congreso Nacional de Fotogrametría (14: 2008: Morón) Anales, Buenos Aires, Argentina.
- Gardiol, M.; Ocampo, C. (2011). Reconstrucción histórica de niveles de la crecida del río Salado de 1914, en Paso Vinal, Esperanza, provincia de Santa Fe. 72° Semana de Geografía – Congreso Nacional de Geografía. Mar del Plata, Buenos Aires, octubre de 2011.
- Gobierno de Santa Fe (2012). Plan director de los recursos hídricos de la provincia de Santa Fe. Informe 2: diagnóstico de la región 4, cuenca de los arroyos Monje, Colastiné, y de Los Padres. Ministerio de Agua, Servicios Públicos y Medio Ambiente de la provincia de Santa Fe, Instituto Nacional del Agua y Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.
- Palman, L. 2012. Reacondicionamiento del canal principal arroyo Las Turbias. Proyecto final de Carrera. FICH. UNL.
- Quaintenne, E. (1947). *Tratado metodológico de perspectiva*. Editorial El Ateneo, 2 edición, Buenos Aires, 450 pág.

