

# Inundaciones en la cuenca del río Amarguillo (Toledo)

## Floods in the Amarguillo river basin (Toledo)

A.Potenciano de las Heras (\*), J.Martínez Goytre (\*\*), J.J.Durán Valseiro (\*\*\*) y G.Garzón Heydt (\*)

(\*) Dpto. Geodinámica, F. C. C. Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

(\*\*) GAMA, S.L. Pedro Muguruza, 3-28036 Madrid.

(\*\*\*) I.T.G.E. Ríos Rosas, 23-28003 Madrid.

### ABSTRACT

Flood occurrence in the Consuegra (Toledo) region has been studied according to historical records and hydrometeorological methods based on rainfall data. The Amarguillo river, upstream from Consuegra, has a flow around 109 m<sup>3</sup>/seg. for 100 years, which represents almost half of the total flow (235 m<sup>3</sup>/seg. for 100 years). Main floods occur in the upper basin, where Consuegra is located, related to larger slopes but less infiltration capacity. Adjusting these results to the catastrophic flood that occurred in 1891, it has been estimated to have a recurrence period of 100 years. The disastrous effect of this flood can therefore be justified by the channel constriction by buildings, rather than to other external causes like an ancient roman dam break, upstream from Consuegra.

**Key words:** Floods, Hydrometeorological methods, Discharge, drainage basin, Guadiana river.

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1135-1137

ISSN:0213683X

### Introducción y objetivos

El río Amarguillo es un afluente del Cigüela, con una longitud de 55 Km y una cuenca de 563 Km<sup>2</sup> elongada en dirección W-E siguiendo las últimas estribaciones de Montes de Toledo (Fig.1). Este río, aunque en la actualidad permanece seco la mayor parte del año, tiene una larga tradición histórica de inundaciones con referencias desde la época romana. Entre ellas destaca la avenida extraordinaria ocurrida en Consuegra (Toledo) el 11 de Septiembre de 1891 que provocó 359 víctimas mortales (Domínguez Tendero, 1991) y que tuvo amplia resonancia en la época. La Documentación Básica del Plan Hidrológico para la cuenca del Guadiana (1988), sin embargo, señala esta zona como de riesgo bajo y que solo precisaría de pequeños trabajos de encauzamiento para la prevención de riesgos. Así mismo la trascendencia de las avenidas parece restringirse a la parte alta de la cuenca siendo mucho menos significativas en los tramos bajos.

Por otra parte, aguas arriba de la población de Consuegra existe una presa romana, derruida en parte, y su influencia en el desarrollo de aquella inundación ha sido planteada ya previamente. Algunos autores han estimado la magnitud de las avenidas pero los resultados obtenidos son muy dispares. Ello se debe en parte al empleo de diferentes métodos de cálculo, pero fundamentalmente, al insuficiente detalle de los datos empleados (García-Diego, 1983; CIETE, S.A., 1989). El estudio completo de la cuenca y esta proble-

mática ha sido abordada más recientemente por uno de los autores del presente trabajo (Potenciano, 1995).

Los objetivos principales de este trabajo consisten en establecer los caudales de avenida esperables en la zona y más específicamente determinar la magnitud y

el período de recurrencia de la inundación de 1891 con el fin de aclarar si se trató de un hecho excepcional o se encontraba dentro de unos períodos de retorno lógicos, y de ser así qué causas contribuyeron a magnificar los efectos del evento. Una segunda cuestión es determinar si existe

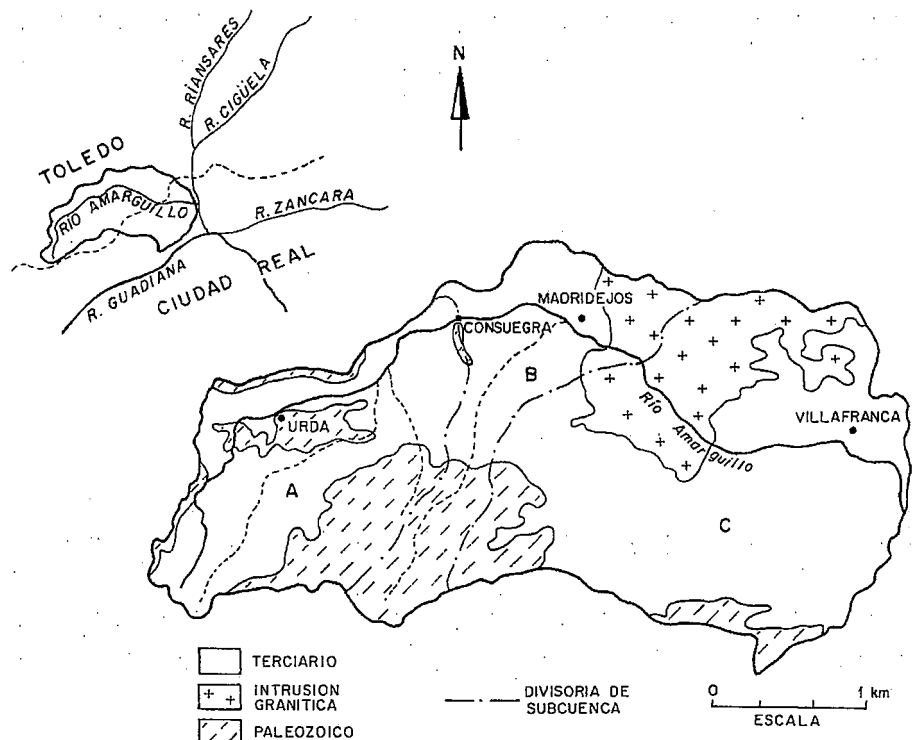


Fig. 1.- Situación de la cuenca del río Amarguillo y localización de sus tres subcuencas (A, B y C).

Fig. 1.- Amarguillo river watershed setting and location of the subbasins (A, B y C).

una justificación para el hecho que las avenidas tengan mayor repercusión en la cabecera de la cuenca.

**Estimación de caudales de avenida**

Son muy escasos los datos de aforo que existen en el río Amarguillo. Tan solo han podido encontrarse registros de caudal en Consuegra entre los años 1925-38, pero éstos son incompletos. Por tanto nuestro estudio se ha basado en métodos hidrometeorológicos, ésto es, en datos de precipitación y características del terreno. El método que consideramos más recomendado, dadas las condiciones de la cuenca es el de la fórmula racional modificada (Témez, 1978). Teniendo en cuenta que esta fórmula es adecuada para cuencas de menos de 100 Km<sup>2</sup>, se ha calculado para las tres subcuencas del río Amarguillo (Fig. 1). El objetivo de ello ha sido contrastar las aportaciones de la cabecera con el resto de la zona. Para integrar los datos de las subcuencas individuales y ver la aportación global a la salida de la cuenca se ha utilizado el método de las curvas isocronas (Heras, 1972).

El método basado en la fórmula racional modificada propone la estimación de caudales máximos (Q) en función de tres parámetros: la intensidad máxima de precipitación (I), el coeficiente de escorrentía (C) y el área de la cuenca (A), siendo  $Q=1/3 \cdot C \cdot I \cdot A$ . Los valores de la precipitación máxima diaria de las seis estaciones existentes en la zona se han ajustado estadísticamente por Gumbel, obteniéndose la lluvia tipo para cada período de recurrencia. Se ha ponderado su área de influencia por mapas de isoyetas y polígonos de Thiessen y a partir de ello se han calculado las intensidades de precipitación diaria y horaria que junto con el tiempo de concentración de cada subcuenca (en función de su área y de la pendiente y longitud media del cauce principal) dan los valores de Intensidad máxima de precipitación (I).

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se han elaborado el mapa litológico y de pendientes y adaptado los de usos del suelo a partir de los Mapas de cultivos y aprovechamiento. Mediante su superposición cada cuenca queda dividida en una serie de zonas a las que corresponde un umbral de escorrentía determinado. Las diferentes clases de cultivo, litológicas y de pendiente se han agrupado según su capacidad de infiltración. Los cultivos en hilera y vegetación de monte bajo, las pendientes bajas y las litologías arenosas confieren a las zonas mayor permeabilidad mientras que las labores de cultivo de secano y barbecho, las pendientes superiores al 3% y las litologías arcillosas, carbonáticas y el basamento paleozoico representan una permeabilidad

SUBCUENCA	T(años)	10	25	50	100	500
A (154Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /seg.)	47	68	88	109	162
B (112Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /seg.)	33	52	65	85.5	125.5
C (297Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /seg.)	38	69	97	129	212

Tabla 1.- Caudales máximos estimados para las tres subcuencas (método basado en la Fórmula Racional modificada)

Table 1.- Maximum discharge for the three subbasins based on the Modified Rational Formula.

PERÍODO DE RECURRENCIA (en años)	10	25	50	100	500
Fórmula Racional modificada	47	68	88	109	162
Curvas isocronas	47	59	84	96.6	157

Tabla 2.- Comparación de caudales máximos (m<sup>3</sup>/seg.) estimados por los diferentes métodos en la subcuenca de Consuegra.

Table 2.- Maximum discharge (m<sup>3</sup>/sec.) estimated by different methods for the Consuegra subbasin.

	T(años)	10	25	50	100	500
CUENCA COMPLETA	Q (m <sup>3</sup> /seg.)	82	139.5	189	235	380.5
SUBCUENCA DE CONSUEGRA	Q (m <sup>3</sup> /seg.)	47	59	84.4	96.6	157

Tabla 3.- Contrastación de caudales máximos en Consuegra con respecto al total de la cuenca.

Table 3.- Maximun discharge for the Consuegra subbasin compared to the whole Amarguillo watershed.

mucho menor, lo que se traduce en una menor capacidad de infiltración del suelo y por tanto mayor escorrentía.

Los resultados obtenidos para los diferentes períodos de retorno (Tabla 1) ponen de manifiesto una clara diferencia entre los caudales esperables en las subcuencas altas (A y B) y la cuenca baja (C), con valores mucho más pequeños, lo cual explica que a pesar de que las diferencias entre la precipitación no son significativas en los diferentes puntos de la cuenca, sí influyen considerablemente la menor capacidad de infiltración y mayor pendiente de la cabecera.

A continuación se ha aplicado el método de las curvas isocronas para contrastar los resultados obtenidos por el procedimiento anterior y además para poder realizar la traslación de caudales considerando el desplazamiento de la onda de avenida a lo largo de su recorrido hasta el punto de desagüe, consiguiendo de este modo combinar los caudales parciales de avenida correspondientes a cada tramo de la cuenca. Para ello se han trazado las curvas isocronas (curvas de igual tiempo de concentración de la lluvia) adaptándolas a la orografía y distribución del drenaje. Se han construido los hidrogramas unitarios que corresponderían a las áreas entre iso-

cronas, teniendo en cuenta que el caudal de cada zona dependerá de su área, la intensidad de precipitación y el coeficiente de escorrentía que se irá acumulando para sucesivos puntos hasta llegar a la salida de la cuenca. El caudal total queda representado gráficamente por la curva aditiva o envolvente de los hidrogramas unitarios. Desplazando esta curva a lo largo de toda la cuenca según el tiempo de duración de la tormenta, consideramos el agua que se pierde a lo largo de la traslación de la avenida debido al efecto laminador del cauce, obteniendo al final los caudales máximos reales que se registrarían a la salida de la cuenca.

Los caudales obtenidos para la subcuenca de Consuegra (subcuenca A) por ambos métodos (Tabla 2) son muy parecidos, lo que nos da confianza en su fiabilidad, oscilando así los caudales para un período de 100 años entorno a los 100 m<sup>3</sup>/seg. y los 500 años entorno a los 160 m<sup>3</sup>/seg.

Por otra parte, al contrastar los caudales máximos calculados por el método de las isocronas solo hasta Consuegra con los estimados para el total de la cuenca (Tabla 3), se observa que los primeros representan prácticamente la mitad del caudal total, siendo el área de la subcuen-

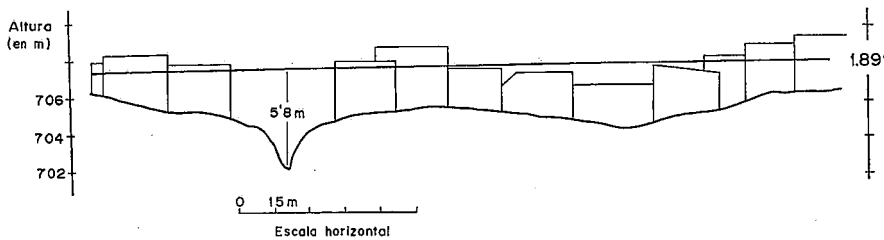


Fig. 2.- Perfil transversal reconstruido del río Amarguillo a su paso por Consuegra en 1891 (considerando el antiguo calado del cauce).

Fig. 2.- Cross section of the Amarguillo channel for the town of Consuegra in 1891 (the former channel depth has been estimated).

ca casi de una cuarta parte, lo que resulta muy significativo a la hora de justificar la mayor incidencia de inundaciones en la parte alta de la cuenca.

Este hecho se explica además por las características morfológicas de la cuenca que le confieren una forma elongada en la que pueden diferenciarse claramente una zona alta, con mayores pendientes y más impermeable con tendencia a la jerarquización del drenaje, y una parte baja de poca pendiente y alta permeabilidad en que la red de drenaje se hace imprecisa y, salvo el curso principal, los canales tienen carácter distribuidor. Los índices morfométricos de la cuenca muestran las diferencias cuantitativas entre la subcuenca de cabecera, hasta Consuegra, y el total de la cuenca. Tanto la elongación (0.99 para la subcuenca A, valor próximo a la unidad, lo que indica una tendencia circular y por tanto un tiempos de concentración pequeño), la relación de relieve (21,56 para la subcuenca A y 10,56 para el total), como la densidad y la relación de bifurcación del drenaje (0.87, 4.16, respectivamente para la subcuenca A frente a 0.50 y 2.6, respectivamente para el total), presentan valores casi del doble de magnitud para la subcuenca de Consuegra. Ello indica que su eficacia para producir y evacuar la escorrentía es mucho mayor, con tiempos de concentración menores, por lo que sus avenidas serán de mayor tamaño relativo y mucho más rápidas que en el resto de la cuenca.

#### Caracterización de la avenida de 1891

Tras recopilar los datos históricos sobre inundaciones ocurridas en la zona, en gran parte recogidas en Domínguez Tintero, 1991, se analizó con detalle la inundación registrada en Consuegra el 11 de Septiembre de 1891. Se han utilizado datos de altura (5.8 m. en el centro del cauce) y extensión superficial de las aguas (200 m. a ambos lados del cauce), Domínguez Tintero, op.cit. Se ha reconstruido el perfil transversal del río a su paso por la población, contrastando con las alturas en las placas de edificaciones

que señalan el nivel alcanzado entonces por el agua y considerando la topografía del mapa de detalle más antiguo que se ha podido obtener (Mapa Catastral, 1982) y teniendo en cuenta la posición de las construcciones en 1891 obtenidas a partir de un mapa de la población (Domínguez Tintero, op. cit.) y grabados de la época. Trasladando los datos de altura y extensión de las aguas y aplicado la fórmula de Manning, teniendo en cuenta las constricciones y baja capacidad de desagüe del canal existentes en aquel momento (coeficiente de Manning  $n=0.06$  para períodos de recurrencia de más de 50 años), hemos estimado que la inundación de 1891 (Fig. 2) alcanzó un caudal de 114 m<sup>3</sup>/seg. Según los cálculos de los caudales obtenidos para Consuegra comprobamos que la avenida de 1891 correspondería a una crecida con período de recurrencia algo mayor de los 100 años. Según otros estudios previos (García-Diego, 1983), aplicando la fórmula de Gete-Ylera, 1978 en la población de Consuegra, esta avenida correspondería a un caudal de más de 500 años, lo que supone una clara discordancia con respecto a nuestras conclusiones.

#### Discusión y conclusiones

Se ha realizado una comprobación de los datos existentes de series largas de precipitación en las provincias circundantes, esto es desde 1860 (Servicio Meteorológico Nacional, 1943). Según esto, se insinúa una etapa de máximas precipitaciones anuales entre 1885 y 1893, lo que parece indicar que la inundación de 1891 en Consuegra no tuvo que ser un episodio climático aislado, sino dentro de una etapa húmeda más generalizada. Así mismo, en las crónicas de la época se recoge que se produjeron avenidas en otros lugares de la Península coincidiendo con la de Consuegra (Toledo, Valencia y Almería), aunque no tuvieron la repercusión de aquella.

Los caudales máximos de 100 años calculados para Consuegra serían, según nuestras estimaciones, del orden de 100 m<sup>3</sup>/seg: 109 m<sup>3</sup>/seg, por la fórmula racio-

nal modificada y 97 m<sup>3</sup>/seg., por el método de las curvas isocronas. En cuanto a las características de la inundación de 1891, concluimos que no se trató de un episodio climático aislado, siendo el caudal máximo estimado de 114 m<sup>3</sup>/seg., que correspondería a una crecida de período de recurrencia algo mayor de 100 años.

Teniendo en cuenta las condiciones del cauce en 1891 y la distribución de las construcciones en sus márgenes, bastaría un caudal de 100 años para provocar la catástrofe. Si consideramos el período de altas precipitaciones, la impermeabilidad de la cabecera de la cuenca y la alta densidad de drenaje y pendiente en esta parte de la cuenca, factores todos muy favorables para provocar inundaciones súbitas, no sería necesaria la intervención de la presa romana situada aguas arriba de Consuegra para explicar dicha avenida. Por otra parte, después de analizar los sedimentos del vaso y el perfil del cauce por el sector roto, parece probable que la presa ya estuviese destruida en esa fecha y que su inutilización fuese fruto de un lento y progresivo abandono y deterioro y no de una ruptura catastrófica.

#### Referencias

- CIETE, S.A. (1989): *Informe de las obras de encauzamiento del río Amarguillo*. (Inédito).
- Comisión Nacional de Protección Civil (1985): *Comisión Interministerial e Ineitec*. Vols. 1 y 2.
- Domínguez Tintero, F. (1991): *Memoria Centenario de la inundación del 11 de Septiembre de 1891*. Toledo. 356 pp.
- García-Diego, J.A. et al. (1983): *Revista de Obras Públicas*. Julio: 487-505.
- Gete-Alonso De Ylera, A.; Oncis Míndan, J. (1978): *Revista de Obras Públicas* n° 3154: 115-129
- Heras, R. (1972): *Manual de Hidrología*. Vol. 3. 562 pp.
- Ministerio de Agricultura. Dirección General de Producción Agraria (1978-81): *"Mapa de cultivos y aprovechamiento"* Escala 1:50000. Hojas n° 686, 712, 713, 737 y 738.
- MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas (1988). *Plan Hidrológico I. Documentación básica de la cuenca del Guadiana*. Láminas 30-34.
- Potenciano, A. (1995): *Tesis de Licenciatura*. Facultad de C.C. Geológicas. U.C.M. (Inédita).
- Servicio de Catastro y Valoración de Urbana (1982): *Planos parcelarios de Consuegra*. Escala 1:5000, 1:1000.
- Servicio Meteorológico Nacional (1943): *DGPV. Ministerio del Aire*. Serie D-N° 1
- Temez, J.R. (1978): MOPU. 113 pp.