

aunque sin llegar a justificar este estancamiento suficientemente. Teniendo en cuenta, que entre 1786 y 1860, a pesar de la larga serie de crisis de mortalidad del periodo y de que el descenso de la mortalidad infantil sólo se dio en algunas zonas de la Montaña, la población aumentó en unas 75.000 personas. Sin embargo, desde 1860 a 1900, etapa en la que sólo hubo dos crisis (y una de ellas, la de 1885, menor) y en la que las tasas de mortalidad se fueron reduciendo paulatinamente (si bien en la Ribera en 1900 todavía eran altas), el aumento fue sólo de unas 7.000. Por lo tanto, la tesis respondía así al interrogante que se planteaba en su inicio, afirmando que las crisis de mortalidad en Navarra no fueron lo suficientemente graves como para hipotecar su desarrollo demográfico, ya que su población creció hasta 1860, a pesar de éstas, y máxime teniendo en cuenta además que el descenso de la mortalidad infantil sólo alcanzó a la Montaña. Todo ello permite asimismo afirmar que el cuasi estancamiento de la segunda mitad del XIX tuvo que deberse necesariamente a la emigración, fenómeno demográfico motivado por la penosa situación socioeconómica de Navarra durante aquella centuria, provocada en buena medida por las guerras.

## Las inundaciones en el río Arga: Estudio hidrogeomorfológico

Amaia Bescós Atin

El día diez de septiembre de 2003 se defendió en la Universidad de Alcalá de Henares (Madrid) la tesis doctoral realizada por Amaia Bescós Atin que lleva por título: “Las inundaciones en el río Arga: Estudio hidrogeomorfológico”. El trabajo ha sido dirigido por la Dra. Ana Camarasa Belmonte de la Universidad de Valencia y por el catedrático de la Universidad de Alcalá Dr. José Sancho Comíns. El tribunal, compuesto por el presidente: catedrático Dr. Juan Sanz Donaire (Universidad Complutense de Madrid), secretario: Dr. Fernando Moreno Sanz (Universidad de Alcalá de Henares) y vocales: Dr. Alfredo Ollero Ojeda (Universidad de Zaragoza), Dra. M<sup>a</sup> Ángeles Lizarraga Lezaun (Universidad de Navarra) y Dr. Javier López Rodríguez (Universidad Pública de Navarra) otorgó a la doctoranda la máxima calificación por unanimidad: sobresaliente cum laude.

El trabajo de investigación está dedicado al estudio de las crecidas en el río Arga y las inundaciones en su bajo valle desde un punto de vista hidrológico y geomorfológico. Con un planteamiento sistémico y enfoque pluridisciplinar se aborda el análisis de la entrada de agua en la cuenca hidrográfica, la formación de escorrentía superficial, la transferencia del agua a través de la red de drenaje y las inundaciones cuando el caudal supera la capacidad almacenadora del cauce.

En la primera parte se estudian los factores geográficos que inciden en la formación de escorrentía y en el movimiento de la misma en la cuenca del Arga. La investigación parte del análisis de la precipitación como principal entrada de agua y energía en el sistema, y causa habitual de las crecidas e inundaciones fluviales. Se estiman y analizan algunos aspectos claves de la precipitación extraordinaria: irregularidad, persistencia, valores de lluvia asociados a diferentes periodos de retorno... Tras la precipitación, el trabajo aborda los factores que condicionan la producción de escorrentía superficial: el relieve de la cuenca, las características litoestructurales, los suelos, la cobertura vegetal y los usos del suelo. La combinación de todos ellos ha permitido estimar el umbral de escorrentía y su distribución espacial en la cuenca hidrográfica. El agua mantiene un sistema altamente organizado que permite la evacuación de la carga líquida y sólida que se genera en la cuenca. La red de drenaje desempeña un papel fundamental en la propagación de las crecidas, por este motivo, se han calculado y estudiado las variables e índices morfométricos más representativos. Estos aportan información relevante sobre la evolución de las crecidas y los puntos especialmente conflictivos en la transmisión de la onda de crecida.

La segunda parte del trabajo está dedicada al estudio del origen y particularidades de las crecidas en el Arga. A través de análisis estadísticos aplicados a las series de precipitación y caudal, y mediante el estudio sistémico y pormenorizado de tres sucesos de crecida recientes: 27 de diciembre de 1993, 6 de diciembre de 1996 y 22 de enero de 1997 se profundiza en la génesis, la evolución y las consecuencias de estos fenómenos. Para ello se han estudiado los principales parámetros y procesos hidrológicos: cuantía y distribución espacio-temporal de la precipitación, volumen de caudal circulante, evolución del mismo a lo largo de cauce, tiempos de viaje y detección de los puntos más conflictivos de la red en cuanto a desbordamientos se refiere.

Finalmente, en el tercer apartado se analiza el proceso de desbordamiento en los últimos sesenta kilómetros de recorrido del río Arga, es decir entre la localidad de Puente la Reina y la desembocadura en el río Aragón. Las importantes obras de encauzamiento y la corta artificial de cinco meandros realizadas en los últimos trece kilómetros del bajo Arga (municipios de Falces, Peralta y Funes) han provocado modificaciones en las pautas de comportamiento y los umbrales de desbordamiento naturales, lo que ha hecho necesario replantearlos. El análisis de las inundaciones se aborda mediante el reconocimiento geomorfológico realizado con trabajo de campo y la modelización del proceso de desbordamiento con el modelo hidráulico HecRas.

La síntesis de los conocimientos adquiridos ha servido para elaborar un documento cartográfico final donde se delimitan las zonas inundables del bajo Arga según los caudales de las tres crecidas estudiadas (1993, 1996 y 1997) cuyo periodo de retorno es conocido. Esta zonificación del espacio, en función del riesgo y el análisis de los usos del suelo afectados por los anegamientos, ha dotado de un carácter aplicado a la investigación. La cartografía de riesgos de inundación que se presenta tiene el objetivo futuro de servir de herramienta en las decisiones de ubicación de actividades en la llanura de inundación del Arga, con el fin de lograr una ordenación más racional del espacio inundable y reducir los daños provocados por estos fenómenos.