

# **ANÁLISIS DE LOS FACTORES DESENCADENANTES DE LOS ARRASTRES SÓLIDOS E INUNDACIONES EN LA ZONA DE MUROS (A CORUÑA) EL 20.01.99**

*Álvarez, M., Soto, B., Pérez, R. y Díaz-Fierros, F.*

*Departamento de Edafología. Facultade de Farmacia. Universidade de Santiago.  
15706 Santiago de Compostela, España.*

## **SUMMARY**

### **Analysis of factors causing solid transport and floods in the area of Muros (A Coruña) on 20.01.99**

The flood of Catalán river (Muros, A Coruña) occurred on 20.01.99 was due to a long rain period, but with low rainfall intensity. The average rainfall of five antecedent days was between 80 and 110 mm in the meteorological station near to the watershed of Catalán river. In addition to the persistent rainfall, a set of factors related to topographic and soil characteristics, such as, steep slopes, limited soil depth, high content of rock fragments and other factors connected to human activities such as reduced soil vegetation cover, promoted by forest fires, and human occupation of the flood-prone area by single houses were the main reasons causing important damages to civil works and buildings located in the river mouth.

**Key words:** Peak flow, flood level, soil saturation.

## **RESUMEN**

Las inundaciones ocurridas el 20 de Enero de 1999 en el río Catalán (Muros, A Coruña) se produjeron a causa de un período prolongado de lluvias constantes aunque de moderada intensidad. En las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca se registraron durante los 5 días previos cantidades entre 80 y 110 mm. Además de las persistentes precipitaciones, una serie de factores ligados a las características de la topografía y el suelo, tales como elevadas pendientes, escasa profundidad y elevada pedregosidad del suelo, y otros factores de origen antrópico, como la escasa cubierta vegetal provocada por los constantes incendios forestales y la ocupación del valle de inundación del río por viviendas individuales, dió lugar a que esta inundación provocase serios daños en las obras civiles y en las construcciones situadas en la desembocadura del río.

**Palabras clave:** Caudal punta, valle de inundación, saturación del suelo.

## INTRODUCCIÓN

La vegetación tiene un papel fundamental en el control de la erosión y en la regulación de las avenidas; un buen desarrollo de la vegetación favorece la infiltración del agua en el suelo y disminuye la velocidad de los flujos superficiales de agua.

Además de la presencia de una buena cobertura vegetal, características morfométricas de las cuencas, tales como la pendiente o la estructura de la red de drenaje son fundamentales en el tipo y magnitud de la respuesta hidrológica de las cuencas fluviales.

Las cuencas de la zona norte peninsular no se consideran generalmente como áreas con riesgo de inundaciones (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1998). Sin embargo, en zonas costeras de Galicia existen pequeñas cuencas de elevada pendiente, con suelos de escasa profundidad y una cubierta vegetal pobre (debido al elevado número de incendios forestales), que presentan riesgos de fuertes crecidas e inundaciones de sus zonas bajas. Junto a los hechos anteriormente comentados, las zonas costeras de Galicia soportan una elevada presión demográfica que ha llevado a la población a ocupar en algunos casos las zonas de inundación de estos ríos, con el consiguiente aumento de los daños provocados por las crecidas.

En este trabajo se estudia el desbordamiento del río Catalán ocurrido en la madrugada del día 20 de enero de 1999 a su paso por la localidad de Muros, sus relaciones con las características de la cuenca y el impacto del incendio que afectó a la zona poco tiempo antes y también al papel jugado por las construcciones urbanas en la magnitud de los daños.

El relato de la prensa (Voz de Galicia, 20.01.99) da una idea de la magnitud de la inundación:

*A las seis de la madrugada se daba la voz de alarma en Portugalete (Muros), ya que el río amenazaba con desbordar. Poco tardó el agua en sobrepasar la carretera comarcal 550, a su paso por la parroquia de Serres, y los regatos de O Furón y Portugalete irrumpieron en las casas próximas a sus cauces.*

*Lo mismo ocurrió con el río Valdexeira, ya que el puente de Camiño Real se obturó y parte del agua que salió del cauce se desplazó hacia O Retiro, inundando las plantas bajas de las casas de la zona.*

*En la parroquia de Abelleira también se atascaron los arcos del puente de A Rateira, tal como ocurriera el día anterior. A consecuencia de ello el agua accedió a las fincas de labor, pero no llegó a afectar a las viviendas. El viaducto de la carretera de la costa no llegó a taponarse gracias a la intervención de los vecinos que, con un tractor, retiraron la maleza del río.*

*En la vía comarcal 550, entre Louro y Tal, fue necesario cortar el tráfico, ya que la avenida atravesaba la carretera y arrastraba piedras y lodo. Este hecho afectó especialmente a las zonas de Abelleira, O Salto, Buena Vista, Portugalete y Espadanal. Hasta cerca de media mañana fue imposible limpiar la red viaria y la maleza de los puentes, pero la mayoría de las viviendas prosiguieron las tareas a lo largo de todo el día.*

No se mencionan los daños sobre los cultivos marisqueros de bivalvos de la zona intermareal colindante, que se vieron sepultados por una gran cantidad de sedimentos, fundamentalmente de cenizas y suelo quemado, y para cuya limpieza fue preciso el trabajo continuado durante varios días de máquinas paleadoras.

En el año 1994 una situación similar a la comentada en este trabajo (lluvias fuertes y continuadas sobre una cuenca desvastada por los incendios forestales) provocó otras inundaciones en una zona contigua (río Valdexeiras) con importantes pérdidas en obra civil y construcciones.

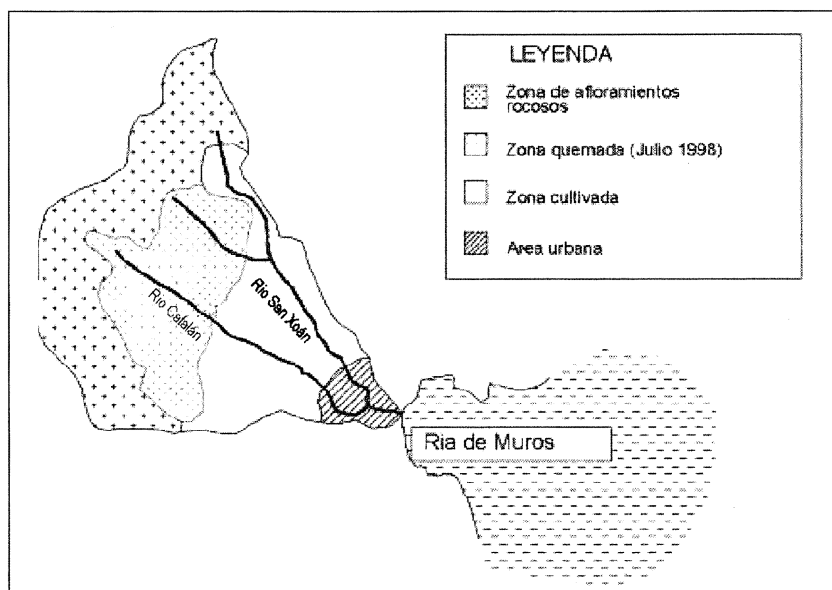
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Area de estudio**

La cuenca del río Catalán esta situada en la provincia de A Coruña, municipio de Muros, tiene un área de 3.42 Km<sup>2</sup>. Su pendiente media es del 37.7% con una altura máxima de 466 m. El material geológico predominante es el granito. El río vierte directamente en la ria de Muros en una llanura mareal de elevada productividad marisquera. El tiempo de concentración de la

cuenca calculado mediante la fórmula de California (DUNNE and LEOPOLD, 1978) resulta pequeño y tiene un valor aproximado de 17 minutos.

El uso del suelo en la cuenca se distribuye de la siguiente forma: en la cabecera de la cuenca predominan las zonas con la roca en superficie, sin apenas cobertura vegetal, en la zona media de la cuenca coexisten masas de eucaliptos y abundante biomasa arbustiva con áreas de retama y afloramientos rocosos; en la parte baja de la cuenca predominan las zonas de cultivo de maíz y patata. Por último en la zona próxima a la desembocadura existe una zona urbana que está compuesta de construcciones aisladas con pequeños huertos o jardines, en algunos casos ubicados a escasa distancia del río (fig. 1).



**Figura 1. Cuenca del río Catalán en la que se muestra el área afectada por el incendio y las zonas con diferente ocupación del suelo.**

Una característica determinante en los daños causados por la crecida y que provocó un aumento importante del área de inundación es la existencia en la desembocadura de un puente de piedra antiguo, por el que pasa la carretera comarcal 550. El puente tiene 4 luces de 2 m de alto por 1.2 m de ancho lo que representa una sección de desagüe conjunta de 9.6 m<sup>2</sup>.

La cuenca de estudio sufrió un incendio forestal en Julio de 1998, que afectó al 25% de su superficie, principalmente a la zona ocupada por eucaliptos (fig. 1).

## RESULTADOS

### Precipitaciones

La situación atmosférica que dio origen a las precipitaciones de los días 19 y 20 de Enero de 1999 es típica de los tiempos de invierno con precipitaciones intensas: circulación del oeste con una inyección de aire frío nórdico sobre el Atlántico (MOUNIER, 1979) (fig. 2). La secuencia de precipitaciones del día de la inundación y de los días precedentes se presentan en la Tabla 1.

Estación	14	15	16	17	18	S (14-18)	19	20
Couso-Pereiras	0	0	78.3	2.7	19.5	100.5	39.9	2.1
Castrelo-Vimianzo	0	26.5	59.7	6.7	16.5	82.9	59.2	13.7
Louro	0	7.2	39.1	4.9	31.5	82.7	44.2	12.9
Vilacova-Lousame	0	21.6	72.4	4.1	11.7	109.8	90.8	22.5
Iroite	0	8.8	51.2	—	20.7	80.7	68.8	21.8
Santiago de C.	0	6.7	48.0	4.1	2.4	61.2	36.0	24.0

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología (Ministerio de Medio Ambiente).

**Tabla 1. Precipitaciones (en mm) registradas desde el día 14 al 20 de Enero de 1999 en el entorno de la zona de estudio y en el Observatorio de Santiago de Compostela (C.S.I.C.).**

En la zona de estudio no existe ningún observatorio meteorológico, pero es probable que la precipitación de la cuenca se aproxime en su parte baja a la medida en Louro y en la parte alta a la del observatorio de Iroite si se tiene en cuenta la evolución de las precipitaciones que presentan la secuencia de imágenes del radar meteorológico (fig. 3). Se puede observar como las lluvias de los cinco días precedentes fueron importantes totalizando en los observatorios del entorno entre 80 y 110 mm. Esta altura de lluvia es suficiente para saturar los suelos de la cuenca, que dadas sus características de escasa profundidad y alta pedregosidad deben de tener una reserva de agua a saturación inferior a los 100 mm.

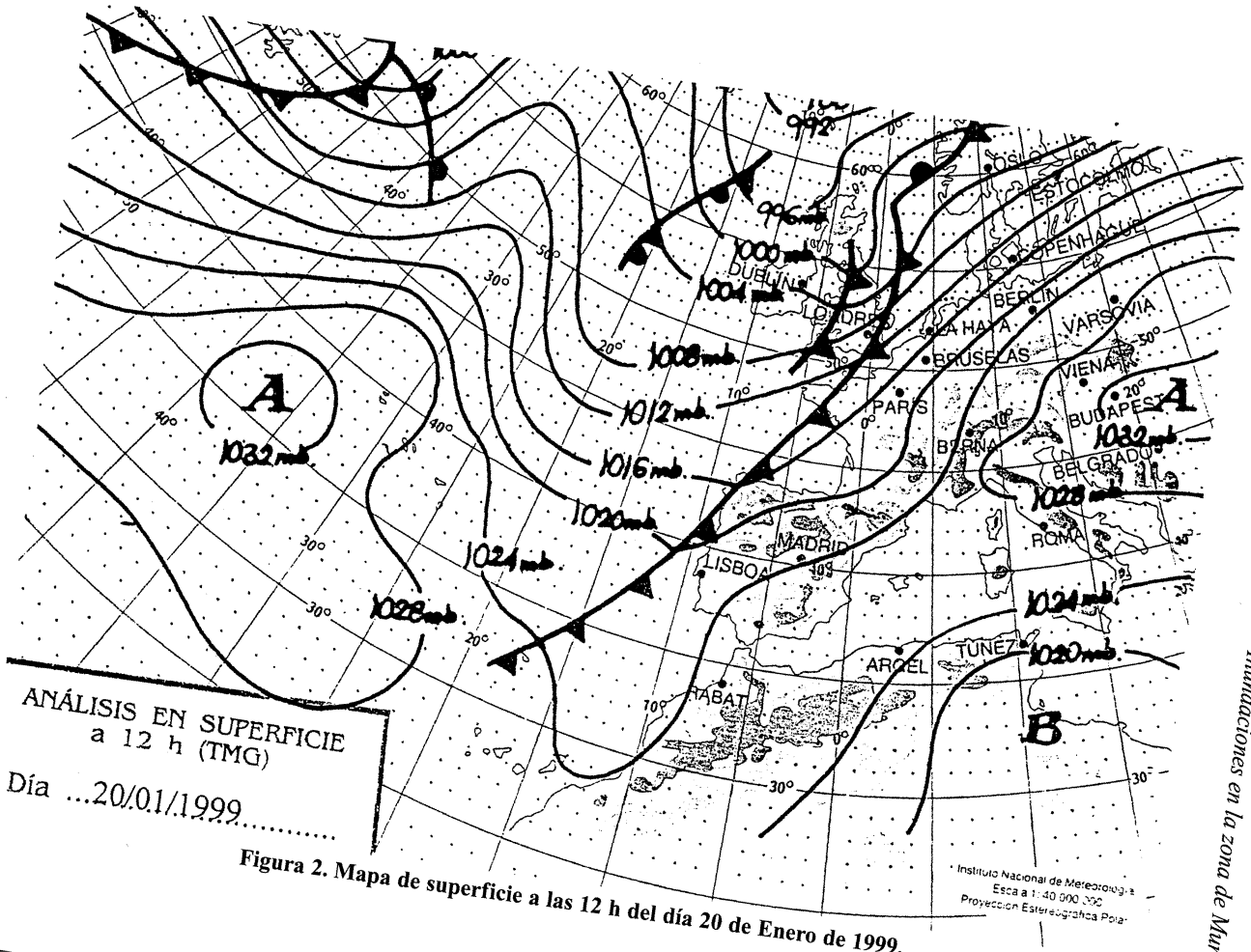


Figura 2. Mapa de superficie a las 12 h del día 20 de Enero de 1999.

Inundaciones en la zona de Muros

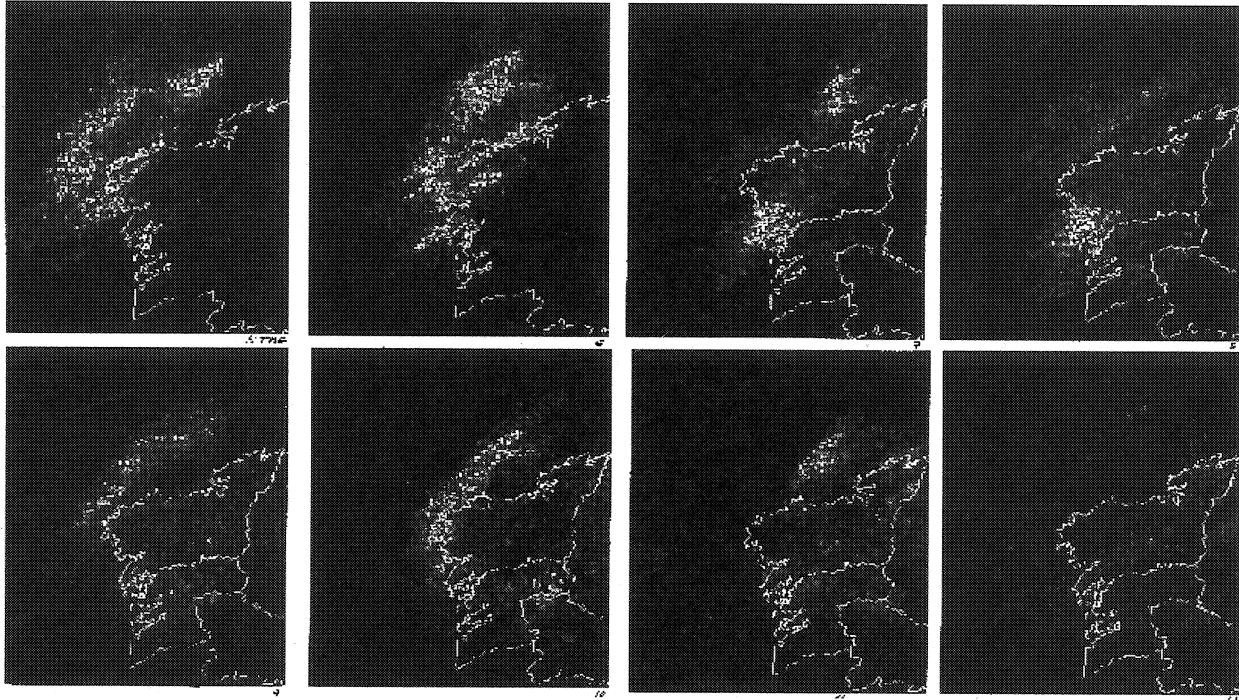
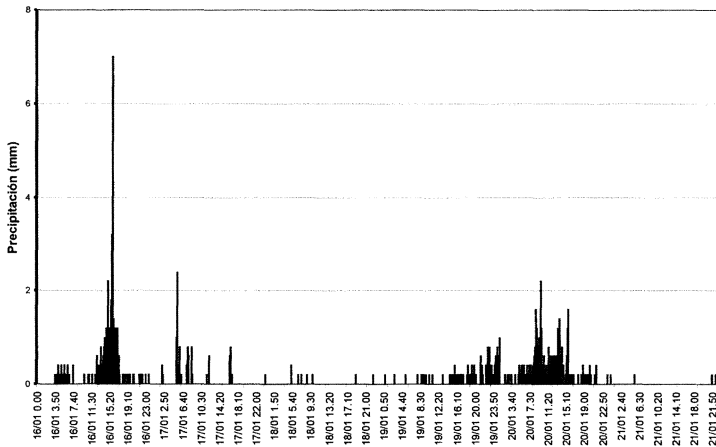


Figura 3. Imágenes del radar meteorológico de la zona occidental de Galicia durante la madrugada del día 20 de Enero de 1999 desde las 5 h hasta las 12 h.



La lluvia del día 19 cuyo detalle según los datos del observatorio de Santiago (C.S.I.C.) se ofrece en la figura 4 refleja como las lluvias que se iniciaron a partir de las 2:40 p.m., aunque su intensidad no fue especialmente alta, dada su continuidad y el estado de saturación previo del suelo, fueron suficientes para generar las inundaciones que se desencadenaron a partir de las 6:00 a.m. en la zona de Muros. En la zona de Santiago la llegada de las precipitaciones más intensas se produce entre las 8 y las 9 a.m., lo que denota una velocidad de avance del núcleo del frente similar a la que se observa en la secuencia de imágenes del radar meteorológico (fig. 3).



**Figura 4. Precipitaciones registradas en la estación meteorológica del C.S.I.C de Santiago de Compostela durante los días 16 al 20 de Enero de 1999 (la precipitación total registrada durante ese periodo fue de 114.4 mm).**

### Análisis de la avenida

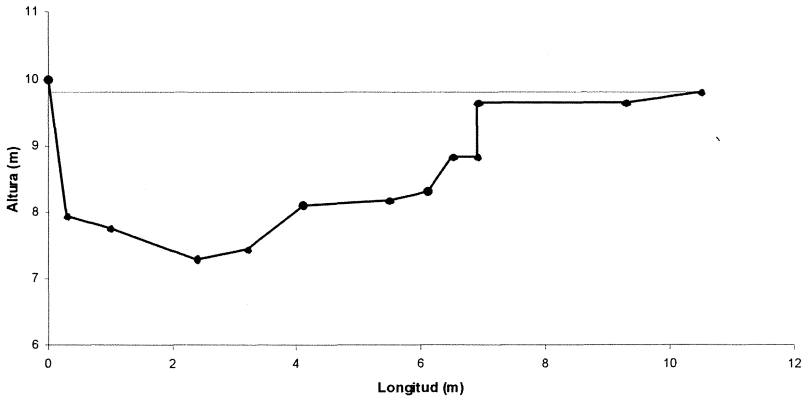
Para la determinación del caudal máximo registrado durante la avenida se ha utilizado la huella dejada por la crecida en unos cultivos situados aproximadamente 100 metros aguas arriba de la desembocadura. Teniendo en cuenta que el caudal ( $Q$ ) es el producto de la velocidad ( $v$ ) por la sección ( $A$ ), y la velocidad según la ecuación de Manning se puede obtener mediante la expresión:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

donde  $R$  es el radio hidráulico (m),  $S$  es la pendiente del agua ( $\text{m m}^{-1}$ ) y  $n$  es el coeficiente de rugosidad del cauce. Por lo tanto el caudal,  $Q$  ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) sería:

$$Q = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} A$$

Por lo tanto para determinar el caudal máximo se midieron inicialmente el área y el perímetro de la sección mojada (fig. 5) a partir de la huella dejada por la riada. El área de la sección mojada fue de  $13.1 \text{ m}^2$  y su perímetro  $13.47 \text{ m}$ , por lo tanto el radio hidráulico es  $0.972$ .



**Figura 5. Sección transversal del área mojada durante la avenida.**

Teniendo en cuenta que la pendiente es de  $0.03 \text{ m m}^{-1}$  y el coeficiente de rugosidad  $0.07$  (CHOW, 1994) la velocidad de la corriente de agua fue de  $2.4 \text{ m s}^{-1}$  por lo que el caudal máximo alcanzó los  $31.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Para determinar el período de retorno de ese caudal hemos utilizado la expresión

$$Q_T^{inst.} = X_n Q_{med.} K$$

donde  $Q_T^{inst.}$  es el caudal instantáneo para un período de retorno

determinado,  $X_n$  es el cuantil adimensional para ese período de retorno,  $Q_{med}$  también conocido como índice de avenida, es el caudal medio máximo diario y  $K$  es un factor que relaciona el caudal medio máximo con el caudal máximo instantáneo. El factor  $K$  es calculado por la expresión:

$$K = \frac{2.954}{A_c^{0.103}}$$

donde  $A_c$  es el área de la cuenca ( $\text{km}^2$ ), los restantes coeficientes de esta ecuación han sido obtenidos para las cuencas de la zona atlántica de Galicia por ALVAREZ ENJO (2000), por lo tanto para la cuenca de estudio  $K$  tiene un valor de 2.60. La relación entre el área de la cuenca y el caudal medio máximo diario basado en el procesamiento de los datos de las estaciones hidrométricas de la zona atlántica de Galicia (ALVAREZ ENJO, 2000) tiene la forma:

$$Q_{med.} = 1.894 A_c^{0.759}$$

que para esta cuenca da un valor de  $4.82 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Por lo tanto, el caudal de  $31.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , registrado durante la avenida tendría un período de retorno próximo a los 100 años.

La zona de estudio, presenta con cierta frecuencia inundaciones que afectan a la mayor parte de los pueblos de la ría de Muros. La última crecida ocurrida en esta zona ocurrió en el año 1994, que provocó la destrucción del puente del río Valdexeira que drena una cuenca adyacente a la del río Catalán, en aquel caso la cuenca también se había visto afectada por un incendio.

En la crecida del día 20 de Enero concurren varias circunstancias que propiciaron una mayor crecida y aumento del nivel de las aguas en la zona de desembocadura. Por una parte, la importante precipitación antecedente: durante la semana previa a las inundaciones había estado lloviendo casi constantemente (entre 80 y 110 mm), lo que provocó que el suelo estuviese saturado y por lo tanto con una baja capacidad de infiltración. Además el día 20 de madrugada en el momento de máxima descarga del río, la marea estaba alta, lo que dificultó la salida del agua, y también debido al fuerte caudal se

produjo el arrastre de restos quemados y pequeños árboles arrancados por la riada que obturaron los arcos del puente y aunque fueron retirados parcialmente por los Servicios de Protección Civil, provocaron una crecida muy rápida de las aguas hasta superar el puente e inundar toda la zona circundante. El nivel máximo de agua alcanzó el segundo piso de algunas casas situadas en el valle de inundación del río.

La precipitación caída en la zona durante el período del 16 al 20 de Enero varía entre 150 y 200 mm. En la cuenca de estudio las máximas precipitaciones se registraron entre las 5 y 7 horas del día 20 como se observa en las imágenes de radar (fig. 3) con una precipitación aproximada en la cuenca de 90-100 mm durante el día 19 y la madrugada del día 20 relacionada con un fuerte máximo local que se produjo en la zona de Mazaricos próxima a la cabecera de la cuenca.

### **Daños causados por la crecida**

En las proximidades de las viviendas situadas en la zona de inundación del río se produjo la deposición de una gran cantidad de sedimentos que en algunos puntos alcanzaron alturas superiores a 50 cm. En muchos casos, las construcciones situadas en la zona de inundación actuaron como barreras que provocaron la sedimentación de gran cantidad de restos vegetales, gravas y arena en la cara expuesta a la dirección de la corriente.

La erosión producida por la riada provocó la deposición de una elevada cantidad de restos vegetales y sedimentos en la llanura mareal en la que desemboca el río. En las tareas de limpieza de la zona fue necesario la participación de maquinaria pesada y las labores se prolongaron durante varios días aunque la mayor parte de la producción marisquera se vió seriamente afectada.

## **DISCUSIÓN**

Respecto al papel jugado por las construcciones en los daños producidos por la riada cabe señalar las características del puente situado en la desembocadura. Como habíamos mencionado anteriormente la sección del puente era de 9.6 m<sup>2</sup>, tomando que la velocidad del agua era de 2.4 m s<sup>-1</sup> nos da que el caudal máximo que puede evacuar es de 23.4 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> por lo tanto muy

inferior al caudal registrado. Este caudal máximo que puede soportar el puente sería sin los efectos de la marea alta y evidentemente sin restos que lo obstruyan. El caudal máximo que es capaz de evacuar el puente tiene un período de retorno aproximado de 20 años, el cual parece demasiado bajo y por lo tanto expuesto a que se repitan fenómenos similares con cierta frecuencia.

Lo mismo que se comentó para el puente podría decirse de la situación de las construcciones: una gran cantidad de casas están situadas en el valle de inundación de descargas con períodos de retorno bajos (inferiores a 100 años). En estas zonas se debería regular la construcción de nuevas edificaciones como ocurre en otros países como es el caso de EEUU donde el límite para la construcción de viviendas lo marca el área de inundación para avenidas con un período de retorno de 100 años (Dunne and Leopold, 1978), para esta reglamentación existe en gran parte de EEUU una cartografía del área de inundación de los ríos para períodos de retorno de 100 años.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alvarez Enjo, M. 2000. *Análisis regional de frecuencias aplicado a las precipitaciones máximas y avenidas*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago. Inédita.

Chow, V. T. 1994. *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill. Colombia.

Dunne, T. and Leopold, L.B. 1978. *Water in environmental Planning*. W.H. Freeman and Company. New York.

Mounier, J. 1979. *Les climats oceaniques des regions atlantiques de l'Espagne et du Portugal*. Tesis Doctoral. Universidad de Rennes II, Francia.

Ministerio de Medio Ambiente 1988. *Libro blanco del agua en España*. Madrid.