

LA INUNDACIÓN TORRENCIAL CATASTRÓFICA DEL CAMPING "LAS NIEVES" DEL 7 DE AGOSTO DE 1996 EN EL CONO DE DEYECCIÓN DEL ARÁS (BIESCAS, PIRINEO ARAGONÉS)

Francisco J. Ayala-Carcedo

En RIESGOS NATURALES / coord. por Francisco Javier Ayala Carcedo y Jorge Olcina Cantos, 2002. Ed Ariel. ISBN 84-344-8034-4, págs. 889-912.

Víctimas mortales: 87 (presentes en el momento del suceso: 150; instaladas en el camping: 630)

Pérdidas económicas: 2.300 millones de pesetas(unos 14 millones de euros)

Inundación: Torrencial-relámpago (flash-flooding), con taponamiento del cauce por los aluviones movilizados en el ápice del cono de deyección y cambio de cauce del torrente(canalizado y con presas de retención de sedimento aguas arriba) con desbordamiento e inundación del camping por flujo no confinado a las 19:30 durante unos 10' con lámina de agua en flujo no confinado (sheet-flood) de hasta 1,2 m y velocidad estimada en unos 4 m/s.

Cuenca: Barranco del Arás, de 18,6 km², con tres subcuencas confluyentes prácticamente en un mismo punto: las del torrente de Aso, con 10,6 km², la del Betés con 4,2 km² y la del de la Selva con 3,8 km². Desnivel: de 2.189 m s.n.m. a 875 m en el borde inferior del cono de deyección y 940 m en el ápice del cono de deyección. Geología: Flysch eoceno (areniscas y margas con algún nivel calizo) y dos cordones morrénicos en la parte baja. Cobertura forestal de la cuenca: 55,1 %.

Cono de deyección del Arás: 0,73 km²; desnivel longitudinal por la generatriz: 65 m; desnivel transversal: 13 m; pendiente longitudinal media: 4,6°(6,5 %).

Meteorología: Tormenta veraniega convectiva cuasiestacionaria condicionada orográficamente. Precipitación media diaria sobre la cuenca del Arás: 185 mm, variando por pixel de 2 x 2 km² entre 56,5 mm y 252, 5 mm, siendo mayor en la subcuenca del Betés. La mayor parte de la precipitación cayó entre las 18:00 y las 19:10 horas en la mitad inferior de la cuenca, alcanzando intensidades algo superiores a 150 mm/h entre las 18:40 y las 19:10. Precipitación diaria en la estación meteorológica más cercana, Biescas: 160 mm.

Hidrología e Hidráulica: Caudal punta de la inundación estimado en cinco trabajos distintos: de 250 m³/s a 600 m³/s, con un valor medio de 434 m³/s. Caudal punta calculado según el Método Racional modificado de la Normativa española vigente de 1990: 142 m³/s. Capacidad de desagüe de la canalización artificial del torrente en el cono de deyección: 100-125 m³/s. Tiempo de desfase de la punta de caudal respecto a la punta de precipitación, T_{dp} : alrededor de 50'. Tiempo de concentración de la cuenca T_c : 1,9 horas.

Sedimentología: El sedimento movilizado procedió básicamente de los aluviones de los torrentes de la cuenca. Hubo un importante depósito de sedimento en los primeros 400 m del cono cercanos al ápice, que llegó casi hasta la parte más alta del camping, con bolos de hasta 3,5 m de eje mayor, 1,9 m de eje intermedio de los cinco mayores, en la parte más apical. La rotura en cadena de las presas de retención de sedimento aumentó la aportación sólida. La mayor parte del arrastre parece haber sido debido al agua. La edad del cono del Arás ha sido estimada en unos 22.000 años como máximo.

Periodo de Retorno: La cuenca carecía de pluviógrafos y de aforos hidráulicos. El Periodo de Retorno T_r de la lluvia media diaria en la cuenca del cono del Arás (directamente proporcional a las intensidades horarias y al caudal según la vigente Normativa española), agente causal de la inundación, 185 mm, según la ley de valores extremos SQRT-ET máx ajustada a la estación meteorológica más cercana con suficientes datos, Biescas, fue de 267 años, correspondiendo un T_r de 500 años a la de 204 mm (200 según el Auto Judicial sobreseyendo el caso). Con la distribución de Gumbel(Tipo I), la precipitación diaria para $T_r=500$ años, es de 197 mm, también >185 mm.

1.-Antecedentes de la Catástrofe. La cuenca del Arás

El camping Las Nieves, abandonado tras el desastre de agosto de 1996, estaba ubicado en el término municipal de Biescas, una población situada en el Norte de la provincia aragonesa de Huesca cerca de Jaca, en una zona de los Pirineos que vive fundamentalmente del turismo de montaña. El camping, estaba situado sobre el cono de deyección del torrente del Arás.

El torrente del Arás, que discurre por una garganta con una pendiente de 9° (16 %) es el resultado de la confluencia en el mismo punto de otros tres torrentes que drenan sendas subcuencas: la de Aso, con 10,6 km², la de Betés, con 4,2 km² y la de La Selva, con 3,8 km², totalizando en conjunto 18,6 km². Aproximadamente el 50 % de la superficie de la cuenca del Arás, está por encima del 40 % de pendiente(22°), siendo relativamente homogénea su distribución en las tres subcuencas (García Ruiz et al. 1996).

En 1985, se comenzó la tramitación de una solicitud para abrir un camping sobre el cono de deyección del torrente del Arás. La solicitud debía ser aprobada por la Diputación General de Aragón (DGA), administrativamente competente sobre los montes y campings, y por el Organismo de Cuenca (de la del Ebro, constituido como Confederación Hidrográfica del Ebro en 1987), ya que una parte del camping estaba a menos de 100 m de la canalización del torrente y por tanto en zona de policía de cauces según la entonces reciente Ley de Aguas de 1985 y su Reglamento de 1986.

El cono del Arás se había inundado dos veces hasta entonces, una en 1907, el 17 de agosto, y otra en 1929, el 11 de junio (Heraldo de Aragón, 1907 y 1929). A raíz de esta última inundación (en la que hubo un muerto , la carretera a Francia quedó cortada en 1.400 m y quedó destruida la canalización del torrente), el ingeniero de montes Sr. Borderas, diseñó un sistema complementario de presas de retención de sedimento y una canalización recta por una directriz, canalización diseñada para que pudiera desaguar la avenida de 1929, y que tiene una capacidad estimada de 100-125 m³/s. La canalización, suponía el abandono del último cauce natural del torrente, que iba por el Sur del cono y que sería retomado por el torrente en la inundación de 1996. Las 42 presas-vertedero, de mampostería y prácticamente sin cimentación, de hasta 11 m de alto, se terminaron hacia 1950. Cuando se planteó la construcción del camping, estaban prácticamente colmatadas, almacenando al menos unos 50.000 m³ y, aparentemente, el cono, que había estado activo en su mitad Sur antes de la corrección, estaba en proceso de desactivación(García Ruiz et al., 1996), percepción que, asociada a la existencia del sistema de corrección hidrológico-forestal del torrente, debía estar en la base de plantear allí la ubicación de la instalación. No obstante, según testimonios recogidos en la zona por el profesor Martínez Gil, la carretera parece que fue cortada alguna vez entre 1960 y 1975.

En el proceso de tramitación administrativa del expediente, el ingeniero de montes de la DGA D. Emilio Pérez de Bujarrabal, según consta en el Auto judicial de D. Mariano Fustero, Juez de Jaca, decidiendo el archivo de las actuaciones en octubre de 1999, "estima que no debe accederse a la ocupación por diversos motivos: a) el área a ocupar por ser un cono de deyección en un barranco de fuerte torrencialidad (...); b) por su localización existe un riesgo para las instalaciones y un peligro para las personas que van a utilizarlas". Tras el informe del Letrado Jefe de la Asesoría Jurídica de la DGA, D. Juan Antonio García Toledo sobre la Propuesta de Resolución de 4/2/87 en que se reproducen los informes del Sr. Pérez de Bujarrabal, Propuesta sobre la que según el citado Auto "señala no muy coherente que la resolución autorizando la ocupación reproduzca extensamente los diversos informes", se hace una nueva Propuesta, ya sin los informes negativos de Pérez de Bujarrabal, y se aprueba por Orden de 1/4/87 el expediente para ocupar el cono de deyección.

Por parte del Organismo de Cuenca (de la del Ebro), según el citado Auto "ni se autorizó ni se desautorizó expresamente la ocupación de zona de policía"; la solicitud de 25/1/88, tramitada por el propietario Sr. Bardají posteriormente al aviso del Sr. Pérez de Bujarrabal, según el mismo Auto, "para construir un camping en zona de policía (...) fue informada por el Guarda Menor del subsector correspondiente de forma favorable". No parece realizarse, por tanto, cálculo ni estimación alguna por parte del Organismo de Cuenca para comprobar si el camping estaba en zona inundable conforme a lo previsto en la legislación vigente, que le otorgaba la competencia de autorización (Arts. 4 y 9 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico de 1986).

Quedaba de hecho, por tanto, autorizada la ubicación en el cono de deyección del Arás, de una instalación de alta vulnerabilidad como un camping, con capacidad para 1.000 personas.

En un estudio de Creus y Puigdefábregas de 1978, ya se señalaba tanto que el valle del río Gállego presentaba intensidades muy altas de lluvia, como que suelen presentarse en verano (como había sucedido en la inundación de 1929), época de máxima ocupación del camping. Bastaba examinar los registros meteorológicos de Biescas para comprobarlo. El Instituto Tecnológico Geominero de España, unos meses antes del fatídico 7 de agosto de 1996, en un trabajo acompañado de un mapa que puso en conocimiento de la DGA, caracterizaba el cono de deyección del Arás como de alta peligrosidad.

La "Enciclopedia Temática de Aragón" publicada en 1988 por la Editorial Moncayo, en su Tomo 6 (Flora), pág. 211, refiriéndose a la *Hippopae rhamnoides*, un escambrón que recoloniza pedregales, decía: "ha servido para recolonizar el cono de deyección del barranco de Arás (...) fijando lo más inestable, algo que cualquier día puede volver a bajar enterrando la urbanización proyectada. (...) su presencia (la de la planta) debe alertarnos".

El 7 de agosto de 1996, a los nueve años de autorizado el camping, lo que era una posibilidad advertida ("una catástrofe anunciada" según las declaraciones a la

prensa del autor de estas líneas al día siguiente de la tragedia), se convirtió en una realidad, produciéndose una crecida que dejó taponada la canalización artificial y derribó la práctica totalidad del sistema de presas de retención ("obra modélica en España y el extranjero" según el citado Auto) , inundó el camping y mató a 87 personas inocentes en 10 minutos. La fe en las obras como panacea frente a los desastres naturales, lo que algunos han llamado la "cultura del hormigón", había conducido una vez más, como se verá, a un desastre. Como ha dicho el profesor Martínez Gil(1996)"Cualquier corrección hidráulica tal como el desvío del cauce y la canalización artificial que allí existían, resulta irrelevante ante este tipo de eventos".

No era la primera vez que esta "cultura" producía una tragedia en Europa en conos de deyección. El cono de Ristolas, en el Queyras (Francia), había sufrido dos graves inundaciones antes de que el torrente Segure, en 1957, volviera a entrar por la segunda planta de las casas, reconstruidas tras la II Guerra Mundial y con una costosa obra que supuestamente había "desactivado" el cono (Tricart, 1969).

Los desastres, trágicos e irreversibles para quienes los sufren, solo tienen dos lecturas positivas desde la perspectiva social. De un lado, permiten constatar la solidaridad colectiva de los individuos con las víctimas, solidaridad espléndida en este caso, y su exigencia de responsabilidades a las autoridades políticas y judiciales; son uno de los momentos clave en que se expresa la conciencia social. De otro lado, los desastres permiten poner a prueba, análisis de por medio, la fiabilidad de nuestros conocimientos científicos y las normas establecidas para evitar futuros desastres, cosa que intentaré hacer a continuación como un deber ético , profesional y cívico , ineludible para todos los que hemos dedicado nuestra vida profesional a este campo.

2.-Análisis de la dimensión meteorológica de la catástrofe y su Período de Retorno

El agente causal iniciador de la secuencia de procesos que generó la catástrofe, fue la lluvia.

Gran parte de los estudios llevados a cabo tras la catástrofe, se han centrado en la averiguación del Periodo de Retorno del suceso y su agente causal, la lluvia, siendo este el número medio de años necesarios para que un suceso de una determinada magnitud(caudal en este caso) sea igualado o excedido.

En Biescas, único pluviómetro con longitud de registro adecuada para hacer análisis de Periodo de Retorno (Tr), 55 años juntando las series, homogéneas, de las dos estaciones, frente a los 18 de Aso (en la propia cuenca), cayeron en el día meteorológico 7 de agosto(de 7 a.m. del 7 a 7 a.m. del 8), un total de 160 mm.

La determinación de lluvia caída en la cuenca, se realizó mediante análisis de medidas de radar meteorológico por el Instituto Nacional de Meteorología (Riosalido et al. 1998), calibrando con medidas pluviométricas, determinándose como lluvia diaria media más probable sobre toda la cuenca del Arás un total de 185

mm. Esta lluvia, tal y como puede verse en la Figura adjunta, tuvo sus zonas más intensas en la mitad inferior de la cuenca, especialmente en la de Betés, donde superó los 240 mm, llegando a 252 mm según el Auto Judicial, seguida de la de Aso, con valores máximos de más de 220 mm, y la de la Selva, con valores máximos un poco menores pero similares a Aso.

En este tipo de pequeñas cuencas de menos de 25 km², según la Organización Meteorológica Mundial (1986), no es necesario realizar correcciones por área (el Areal Reduction Factor) a la hora de evaluar la precipitación areal partiendo de datos desde un pluviómetro. Por ello, puede utilizarse directamente este valor de 185 mm para calcular el Tr referenciándolo a la única estación cercana con datos suficientes, Biescas, para hacer evaluaciones a unos pocos cientos de años. Haciendo el cálculo con la distribución estadística SQRT-ET máx (Etoh et al. 1986), diseñada específicamente para lluvias extremas, resulta para estos 185 mm, según el cálculo del Instituto Nacional de Meteorología (1998) un Tr=267 años. Realizando el cálculo para una distribución tipo Gumbel, resulta Tr=434 años, coherente con el hecho conocido de que Gumbel tiende a subestimar las precipitaciones y, por tanto a dar valores mayores del Tr para un suceso (Ferrer Polo, 1993). Ambas determinaciones conducen, pues, a un Tr del agente causal en la cuenca que alimentó, con la contribución sinérgica de las tres subcuencas, el torrente de Arás, cuyo cambio de curso y desbordamiento produjeron el desastre, menor de 500 años, cifra que la legislación española señala como límite para las inundaciones legalmente previsibles.

Es necesario señalar la presencia de varios aspectos que cuestionan el significado físico de estos análisis, necesarios sin embargo desde un punto de vista legal, aunque no los únicos a realizar como se verá. En primer lugar, debe señalarse el hecho de que en una misma serie de datos coexisten fenómenos claramente heterogéneos que cuestionan la homogeneidad física de la serie. Así, como han señalado Alcoverro, Corominas y Gómez (1999), la precipitación del 8 de diciembre de 1992, 165 mm/día, mayor que la de la catástrofe, fue debida a una combinación de lluvia y nieve, frente al carácter pluvial-convectivo de la de 1996. En segundo lugar, el factor orográfico, como muestra la mayor lluvia en la cuenca del Arás, en línea con lo señalado por Creus y Puigdefábregas, hace que la aplicación de la serie de Biescas, en una cota cientos de metros más baja que la del centro de la del Arás, sobreestime claramente los Tr cuando se aplica a lluvias en esta cuenca, con precipitaciones extremas probablemente mayores.

Ambos aspectos resultan potenciados cuando se intenta recurrir a aplicar interpolaciones regionales a entornos de montaña o en cuencas pequeñas, aproximaciones que tienden a aumentar más al alza los Tr al subestimar la lluvia. Así, la aplicación de una aproximación regional plasmada en un mapa publicado por el Ministerio de Fomento posteriormente al desastre, desarrollada por Ferrer y Ardiles (1994) en el CEDEX para la Dirección General de Carreteras, atribuye una precipitación de 170 mm a la lluvia diaria correspondiente a Tr = 500 años en la

cuenca del Arás, cuando para este mismo Periodo de Retorno, la de Biescas, menor por lo dicho, ha sido calculada en 196 mm por el Instituto Nacional de Meteorología (Riosalido et al., 1998). Esta diferencia, supone una subestimación, contra la seguridad, de al menos el 13 % en términos de caudal máximo, pero habida cuenta del carácter exponencial de las leyes de valores extremos, implica pasar de un T_r de 200 años a otro de 500 años exactamente con ley SQRT-ET max, un aumento del 150 %, una amplificación del T_r superior a 10 veces frente al aumento del caudal, error inadmisibles que desaconseja la utilización de estas aproximaciones regionales en el cálculo de T_r de inundaciones torrenciales en pequeñas cuencas, especialmente en áreas de montaña donde el factor orográfico es clave.

El desastre, se produjo en relación, no con las intensidades de lluvia diarias, sino con las horarias, ya que la precipitación se concentró en poco más de una hora. De acuerdo con las determinaciones a partir de datos radar, la precipitación comenzó muy débilmente a las 5:40 p.m. hora local (3:40 solar). Entre las 6:00 y las 6:10, hubo un primer episodio tormentoso entre 6:00 y 6:10 con intensidades medias, que sería seguido entre 6:30 y 7:00 por intensidades bastante más fuertes. Así, entre 6:30 y 7:10, hubo intensidades mayores de 100 mm/h, y entre 6:40 y 7:10, mayores de 150 mm/h (Riosalido, 1998). La catástrofe del camping, se produjo entre 7:30 y 7:40 p.m. hora local.

La cuenca carecía, al igual que la estación de Biescas, de pluviógrafo, por lo que intentar un ajuste de T_r para las intensidades horarias reales según diversos periodos de duración de la lluvia, resulta imposible. No obstante, sí parece necesario contrastar el método de cálculo que prevé la Normativa española, concretamente la vigente Instrucción de Drenaje 5.2-IC de 1990. Dado que alrededor del 90 % de la lluvia se concentró en una hora, tendríamos una intensidad de lluvia de 166,5 mm/h a nivel medio de la cuenca para una hora (I_1), frente a una intensidad media, supuesta repartida entre las 24 horas, de 7,7 mm/h (I_{24} o I_d); la relación I_1 / I_d , sería, por tanto, de 21,6. La vigente Norma, de 1990, fija para esta zona un valor de 10, lo cual supone una enorme subestimación, del 116 %, de las intensidades de lluvia horarias respecto al valor real, que se traduce en la misma subestimación del caudal punta, al aplicar el Método Racional para su cálculo. Dado que las leyes estadísticas de distribución de valores extremos son de carácter exponencial, lo que amplifica enormemente cualquier diferencia, una subestimación del 116 % de los caudales, puede conducir a sobreestimaciones del T_r de caudales mayores del 1.000 %, es decir, se asignarían valores del T_r 11 (once) veces mayor de los reales. Si se tiene en cuenta la sobrestimación producida por la utilización en zonas de montaña de datos de estaciones a cotas más bajas que las reales, además de la debida a la falta de representatividad de la propia red meteorológica, muy distanciada en estas zonas, que deja sin registrar numerosos fenómenos convectivos del tamaño del que nos ocupa (unos 70 km²), es razonable suponer que la aplicación de la Normativa española vigente puede conducir a sobreestimar el T_r de fenómenos catastróficos en áreas de alta montaña hasta unas 11 veces, y a

dimensionar sistemas preventivos de desagüe de forma claramente insegura. En este contexto, la atribución de fallos en los sistemas de drenaje a la extremosidad de los fenómenos, no sería sino cubrir las deficiencias inherentes a nuestros métodos de cálculo y contribuir a consolidarlos.

Esta posibilidad de que las formulaciones normativas españolas usadas en ingeniería civil queden claramente del lado de la inseguridad en sus hipótesis meteorológicas, ha sido recalcada también desde el propio Instituto Nacional de Meteorología, que indica que " pueden quedar bastante del lado de la inseguridad" (Riosalido et al., 1998).

Otro aspecto que debe analizarse, es el de la extremosidad comparativa de la lluvia en relación con las registradas en el mundo y en otras partes de España. La lluvia horaria máxima registrada en el mundo ha sido de 425 mm según Shaw (1994), frente a los aproximadamente 225 mm que se determinaron en los puntos de máxima lluvia de la subcuenca de Betés, algo que traducido en términos de Tr , puede suponer un valor unas 8 veces mayor. La lluvia máxima en el día de la catástrofe, no fue la registrada en el Arás sino la del Barranco del Puerto (Riosalido, 1998).

En términos de lluvia diaria, en el Pirineo se han registrado valores muy superiores; así, según Martí Bono y Puigdefábregas (1983) y García Ruiz et al. (1983), en la estación de Góriz, a 2.200 m s.n.m., se registraron valores superiores a los 600 mm en noviembre de 1982. Valores superiores a 200 mm/día, se han registrado también en otras localidades como Sin (517 mm), Urdiceto (307 mm), Capella (252 mm) o Gistain (214 mm) (García Ruiz et al. 1996). En la zona de Bilbao, la precipitación diaria del 26 de agosto de 1983 que produjo graves inundaciones, superó los 400 mm, muy por encima de los valores del suceso. Siendo importante la lluvia del 7 de agosto de 1996, estuvo alejada de los valores máximos registrado en España; incluso en Biescas, la lluvia diaria de diciembre de 1992, fue también superior.

Elías y Ruiz (1979), daban para esta zona un $Tr=100$ años para la precipitación diaria en Biescas, 160 mm, lo cual avala que no se trató de un fenómeno de máxima extremosidad.

3.-Análisis de la dimensión hidrológico-hidráulica de la catástrofe y de la fiabilidad de los métodos oficiales españoles de cálculo de avenidas torrenciales

Los caudales punta o máximos durante la crecida en el punto superior del cono de deyección, han sido estimados por diversos autores. Según el Auto Judicial, el CEDEX, un organismo estrechamente vinculado a la Administración Hidráulica española, para la que realizó un informe del suceso, estimó por el método de la sección crítica, que obvia el problema de los errores asociados a la estimación del coeficiente n de rugosidad de la fórmula de Manning (Ver final del Apdo. siguiente), un caudal de 250 m³/s y el ingeniero de montes D. Natalio Camacho, que realizó

otro informe de parte para la Administración Forestal aragonesa , lo estimó en el doble, 500 m³/s. Los investigadores del Instituto Pirenaico de Ecología, los primeros en realizar un informe científico independiente de las Administraciones competentes administrativamente, lo evaluaron, utilizando fórmulas de vertedero en las presas y la de Manning en cauce natural (con n entre 0,2 y 0,3), en al menos 500 m³/s (García Ruiz et al., 1996). Alcoverro et al. (1999), utilizando el método de la sección crítica, lo han situado entre 400 y 600 m³/s. Por su parte, De Benito (1998), utilizando el mismo método, ha estimado valores de al menos 420 m³/s, contribuyendo la subcuenca de Aso con 240 (57 %), la de Betés con 128 (30,5 %)y la de La Selva con 62 m³/s (12,5 %).

El valor medio estimado por tanto, fue de 434 m³/s, con un alto grado de acuerdo en todos los casos a excepción del CEDEX.

Los cálculos del CEDEX de caudal resultan tanto más sorprendentes en la medida en que la lluvia media diaria sobre la cuenca que supusieron en su estudio, realizado antes de que las determinaciones a partir de radar estuvieran disponibles, y ratificados sus cálculos una vez conocidos estos datos radar según el Auto, fue de 243 mm frente a los 185 del estudio radar, una sobrevaluación del 31 %, que traducida en términos de Tr , tanto de la lluvia como del caudal, por lo antes expuesto, puede suponer una sobreestimación del orden del 300 %.

En cualquier caso, el hecho de que la mayor parte de los investigadores experimentados que han analizado el tema discrepen en alrededor de un 100 % del valor dado por un organismo con gran experiencia como el CEDEX y que Alcoverro et al.(1999) den una horquilla del 50 % indica que la fiabilidad de las determinaciones de caudal a posteriori de estas inundaciones, tiene errores importantes, a pesar de haber utilizado en tres de los casos el mismo método, el de la sección crítica.

Sabido esto y lo que antes se indicó sobre la gran amplificación de estas diferencias que se produce cuando estas determinaciones se utilizan para calcular Periodos de Retorno, Tr , no es de extrañar que el Juez Instructor del caso, D. Mariano Fustero, decidiera que el Tr del suceso, una inundación, se determinara por el del agente causal, la Precipitación. Así, se dice en el Auto: "La averiguación de este dato (el Periodo de Retorno de la lluvia) es fundamental para la causa pues dará al acontecimiento la nota de previsibilidad o imprevisibilidad que determinará la concurrencia de responsabilidad penal". Esta decisión, tiene una lógica derivada del hecho de que la utilización del Método Racional para el cálculo del caudal máximo en la versión de la normativa española, establece, para cada valor de la Precipitación Diaria correspondiente a un determinado Tr, un y solo un valor de la Intensidad de Lluvia más desfavorable(ITC), correspondiente a una duración igual a la del Tiempo de Concentración, y a este valor otro, único, del caudal máximo Q (m³/s):

$$Q = (C * A * ITC) / K$$

C: Coeficiente de escorrentía

A: Area de la cuenca (km²)

ITC: Intensidad de precipitación para una duración igual al Tiempo de Concentración TC

K: Constante que vale 3 (incluye un aumento del 20 % para tener en cuenta el efecto de la punta de precipitación)

A partir de esta decisión judicial, correcta, de asignar como Tr el de la lluvia, agente causal, el juez Fustero realiza el siguiente razonamiento en su Auto (pp. 18 y 19):

"Toda precipitación superior en esta zona a 200 mm acumulados tendrá un periodo de retorno superior a los quinientos años, (...) , y en buena parte de la cuenca se superó este umbral de precipitación (...). La lluvia caída (...) tiene legalmente (...) el carácter de imprevisible y excepcional desde el punto de vista jurídico".

Dado que la precipitación media sobre la cuenca, así reconocida en el Auto (p. 15), fue de 185 mm, la mayor parte de la cuenca tuvo necesariamente una precipitación menor de los 200 mm que definirían según el Auto(y el Instituto Nacional de Meteorología, INM) la frontera entre lo previsible y lo imprevisible legalmente; en realidad, más que "en buena parte de la cuenca", solo se superaron los 200 mm/día "en la menor parte de la cuenca", de hecho, según el mapa de isoyetas del INM, en alrededor de un 40 %.

El análisis del Auto, permite una aproximación al fundamento del razonamiento, que por lo dicho, salvo error, no puede ser el que hayan caído 200 mm al menos en la mayor parte de la cuenca.

En la página 18, se lee: "la precipitación total acumulada en la subcuenca de Betés fue de 252,5 mm, zona en la que se concentró la mayor precipitación y fundamental causante de la riada."

El juez, por tanto, atribuye al Periodo de Retorno de la precipitación media diaria en la subcuenca de Betés el carácter de Periodo de Retorno del suceso, una inundación en un cono de deyección alimentado por toda la cuenca del Arás, constituida por la combinación orgánica y sinérgica de la de Betés (4,2 km²), la de Aso (10,6 km²) y la de La Selva (3,8 km²). En realidad, un cálculo sencillo teniendo en cuenta la superficie de la subcuenca de Betés y su lluvia media señalada en el Auto, demuestra que en dicha cuenca, solo cayó el 30,8 %, ni tan siquiera un tercio del total de la precipitación. Habida cuenta de que por su homogeneidad (García Ruiz et al.1996),la cuenca del Arás que llevaba el agua al cono donde se asentaba el camping, puede tratarse a la hora del análisis de caudales como cuenca unitaria (Ferrer Polo, 1993), en la hipótesis, razonable, de aplicar los únicos métodos normados tanto en la época de autorización del camping como a partir de 1990, las Instrucciones de Drenaje ya citadas, cabe decir que en lo científico-normativo previsible con Tr=500 años, la contribución de la subcuenca de Betés a la inundación, hubiera sido minoritaria frente a las otras cuencas (el 30,5 % según la

estimación de De Benito et al.), que no registraron precipitaciones con Periodo de Retorno superior a 500 años, el legalmente previsible, y difícilmente puede sostenerse, desde esta óptica, que fuera "fundamental causante de la riada". Puede por tanto afirmarse que el Auto, científicamente correcto en cuanto al criterio de atribución del Periodo de Retorno a la del agente causal, la lluvia, único fiable, y en la apreciación de la insuficiencia de la legislación de aguas para proteger la vida de las personas por no considerar la migración del cauce, desde el punto de vista científico y de la Normativa técnica disponible, tiene en lo demás una fundamentación claramente cuestionable desde la óptica científica. La aceptación de esta tesis judicial, supondría en lo científico la quiebra de un principio fundamental de la Hidrología, a saber, que la determinación del Periodo de Retorno de una inundación en un punto al que contribuyen con su caudal varias subcuencas, no puede hacerse equivaler al de una de ellas, sino que debe deducirse del análisis del conjunto de las subcuencas. De hecho, ninguno de los expertos que ha analizado este caso, fuera perito judicial o no, ha pretendido atribuir al Periodo de Retorno de ninguna de las subcuencas el de la inundación, sino al conjunto de toda la cuenca del Arás.

A la problemática señalada se añade otra que aumenta aun mucho más el error, especialmente en términos de T_r , la derivada del hecho de que la cuenca carece de estación de aforos y por tanto de series de datos de caudal que permitieran la situación de la determinación cuantitativa del caudal catastrófico en alguna ley estadística de valores extremos deducida de datos de aforo de caudales.

En torno a la evaluación más correcta de caudales torrenciales, el método con menor error, según el análisis llevado a cabo por el U. S. Water Resources Council tras un "experimento nacional" publicado en 1981, es el basado en correlaciones de los caudales punta para diversos Periodos de Retorno con características, bien de la cuenca (Jennings et al., 1993), bien de los cauces (USGS, 1972).

Las correlaciones del U.S. Geological Survey, fruto del análisis de largas series de aforo de numerosas cuencas torrenciales, son las siguientes:

$$Q_{Tr} = K * A^a * S^b$$

Q_{Tr} : Caudal punta correspondiente a un Periodo de Retorno T_r para cuencas de 0,3 a 5.000 millas cuadradas

K, a, b: Constantes variables con la Región Hidroclimática y el T_r

A: Area de la cuenca

S: Pendiente del cauce principal entre los puntos correspondientes al 10 % y el 85 % del desnivel de la boca a la divisoria

La correlación con la Geometría del cauce, es:

$$Q_{Tr} = K' \cdot W^\alpha \cdot D^\beta \cdot A^\gamma$$

K' , α , β , γ : constantes variables con la Región Hidroclimática y el Tr

W : Anchura a cauce lleno

D: Profundidad media

A : sección, a cauce lleno

Dada la escasez de cuencas torrenciales aforadas en España , especialmente las menores de 50 km², lo que se deriva en mi opinión de una concepción "hidraulicista" de la red de aforos, orientada en buena medida a los estudios justificativos de embalses y no a la seguridad frente a riadas, y siendo estas inundaciones torrenciales las responsables del 90 % de las víctimas en España (Ayala-Carcedo, 1999), carecemos a las puertas del siglo XXI de la posibilidad de mejorar rigurosamente por esta vía el cálculo de caudales torrenciales.

Si se tiene in mente lo que antes se dijo sobre las enormes subestimaciones de las intensidades horarias de lluvia que son inherentes en este caso al método normado de determinación de las mismas a partir de las diarias y se combina con lo expuesto, se pueden prever los enormes errores que se deducirían de la determinación de una ley estadística a partir de valores calculados, en orden a la determinación del Tr. Alcoverro et al. (1999), ni tan siquiera han planteado esa posibilidad; no así el CEDEX en su informe, del cual deducen altísimos Tr, mayores de 5.000 años, tal y como era previsible por la combinación de : a)la subestimación de las intensidades horarias (116 %), b)la sobreestimación de la lluvia caída (31 %), ambas teniendo como efecto una enorme sobreestimación del Tr, por el efecto de amplificación con un factor de alrededor de 10, en la ley extrema de caudales calculados. Esta aproximación, con niveles de error inasumibles en el terreno científico-técnico, tiene otro problema, que lleva también a otro error de carácter conceptual también inasumible. El suceso viene asociado con una determinada hipótesis de lluvia, a la cual debe corresponder, biunívocamente, un solo caudal como se dijo más arriba. Utilizando esta aproximación, le corresponderían dos: de una parte el calculado con el método de cálculo a partir de relaciones lluvia-escorrentía, con un Tr igual al de la lluvia; de otro, el caudal determinado empíricamente a partir de las observaciones tras la inundación. En consecuencia, esta práctica carece de validez científica y en cuencas torrenciales no aforadas el Tr debería deducirse, tal y como el Auto hace , a partir de los datos de lluvia referenciados a la estación meteorológica más próxima y representativa, descartando, por los grandes errores que introducen en cuencas torrenciales cara a la determinación del Tr , las aproximaciones regionales.

Alcoverro et al.(1999), han utilizado otro método con vistas a evaluar la extremosidad del caudal, el de la Envolvente de caudales instantáneos máximos registrados en la cuenca del Ebro a menos de 150 km del Arás. Este método tiene

en este caso dos inconvenientes. El inconveniente estructural consiste en que mezcla sucesos de Tr distintos (y en general desconocidos o evaluados con grandes incertidumbres) y pertenecientes a entornos climáticos diferentes; el inconveniente observacional, estriba en que no tiene datos de cuencas menores de 47 km², una laguna que teniendo en cuenta la mayor generación de escorrentía por unidad de área en las cuencas más pequeñas, subestima los caudales esperables. Ambos inconvenientes inhabilitan el método cara a la determinación de Tr . El valor esperable de caudal para el Arás determinado así, sería de alrededor de 210 m³/s, próximo al determinado por el CEDEX para el suceso. No obstante, el método sí sitúa, cualitativamente, el orden de magnitud. Pardé (1961), dio datos para cuencas francesas de un tamaño más cercano al de la del Arás. Así, la del Rhonel, cerca de Clermont l'Hérault, de 20 km², que en 1869 dio unos 500 m³/s, la del Canideil, cerca de Prats de Mollo, de 11,6 km², que en 1949 dio unos 400 m³/s y la del Barranco de Coumelade en Tech (Pirineos Orientales), de 22 km² con 800 m³/s. Estos valores indican con toda claridad que ya se habían registrado en los Pirineos caudales mayores que los del Arás.

Como se ha señalado y el Auto Judicial de 1999 asume, los aluviones taponaron el cauce artificial y el torrente, inundó el camping en un flujo a manta no confinado (sheet-flood). No obstante, y a pesar de lo previsible de que el canal artificial resultara taponado, tiene interés averiguar si con los métodos de cálculo disponibles cuando se autorizó el camping, y con la Normativa posterior de 1990, los caudales líquidos determinados para la hipótesis de Tr legal, 500 años, llevaban a la conclusión de que el cauce artificial, con capacidad de desagüe de 125-140 m³/s según el citado Auto (alrededor de 120 según Alcoverro et al., 1999 y unos 100 según García Ruiz et al., 1996 y De Benito et al. 1998), resultaría desbordado inundando el camping, situado a menos de 100 m de dicha canalización.

Alcoverro et al. (1999), han determinado utilizando la distribución de Gumbel para la lluvia, 197 mm/día para la estación de Biescas para $Tr=500$, un valor de 158 m³/s, lo cual implica que el torrente, previsiblemente, se hubiera desbordado inundando el camping. Este mismo cálculo, frente a los 500 m³/s de su estimación media para el caudal del día de autos, una subestimación del 68 % del valor estimado, cuyas claves deben estar en lo expuesto más arriba y cuya traducción en términos de sobreestimación del Tr puede ser diez veces más, es una prueba elocuente de lo inadecuado y peligroso de la vigente Normativa.

Personalmente, he calculado el caudal previsible para la lluvia de 200 mm señalada por el Auto Judicial como correspondiente a 500 años, aplicando el Método Racional en la versión dada por Heras en 1983 en un libro publicado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, calculando el Coeficiente de Escorrentía C de acuerdo con la entonces vigente Instrucción de Drenaje 5.1-IC de 1965 (un método de aplicación sencilla que podía haberse utilizado en la época de aprobación del camping), obteniendo un valor del caudal de 344,8 m³/s, superior a la capacidad de desagüe de la canalización, y que hubiera llevado, por lo previsible de la inundación, a la no autorización del camping.

En definitiva, con los métodos y datos disponibles durante el expediente de autorización y tras la aprobación administrativa, siempre antes de la catástrofe, se hubiera llegado a la conclusión de que, aun suponiendo que la canalización artificial no se hubiera taponado, hubiera sido desbordada inundando el camping.

Según el Art. 9 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico de 1986, "Las acampadas colectivas en zona de policía de cauces públicos (...) habrán de ser autorizadas por el Organismo de Cuenca (...). Esta autorización señalará las limitaciones (...) en lo referente a los riesgos para la seguridad de las personas". Cabe preguntarse por qué dicho Organismo no realizó, según parece, ninguno de estos sencillos cálculos, que hubieran evitado el que hoy tengamos que asociar el nombre de Biescas a una tragedia, evitable por lo que se ha mostrado.

La inundación del camping, según se deduce de un video grabado por un residente en el camping y testimonios de supervivientes duró unos 10 minutos. Un tema de interés es el relativo a su calado en el camping, el que produjo la muerte de 87 personas, que según la autopsia se produjo por golpes, no por inmersión. Personalmente he medido el descortezamiento en alguno de los árboles del camping, que alcanza 1 m; Alcoverro et al. (1999), observaron un valor de la marca del agua de 1,20 m en dirección paralela al flujo en un edificio de servicio y 2 m en dirección perpendicular. Esto supone, aplicando el principio de Bernouilli de consevación de la energía a lo largo de las líneas de flujo, una velocidad media del agua de unos 4 m/s en flujo en manta, coherente con los 5,5 m/s que estos autores obtienen a partir del tamaño de bloque en el borde del lóbulo de bolos aplicando la ecuación de Costa (1983):

$$v= 0,18 d^{0,487}$$

v : velocidad (m/s)

d : longitud media del eje intermedio de los 5 mayores bloques en el sitio (mm)

Otro aspecto hidrológico de interés, es el Coeficiente de Escorrentía C, relación entre la escorrentía y la precipitación. Los meses de junio y julio anteriores al desastre, habían sido húmedos, con valores de precipitación acumulada de 110 y 130 mm respectivamente, frente a valores medios de 81,5 y 56,1 mm, lo que tuvo que favorecer una mayor escorrentía. García Ruiz al.(1996), han estimado un C de 0,5-0,6 para la subcuenca de Aso y 0,8-0,9 para la de Betés; Alcoverro et al., dan un valor de 0,46 aplicando la 5.2-IC. Es posible que uno de los factores de subestimación del caudal en esta Instrucción oficial, se derive de la subestimación de C.

También de interés, en relación con el cálculo de caudales, es el Tiempo de Concentración, TC, " tiempo que tarda en salir por el punto de desagüe la última gota de escorrentía superficial, debida a la lluvia neta caída en un instante dado"

según la definición más empleada (Ferrer Polo, 1993). Según Alcoverro et al. (1999), $T_c=1,9$ horas según la Normativa citada. Siendo la duración de la lluvia neta del orden de 1 hora, menor que el T_c , hipótesis a la que suele corresponder un mayor caudal, cabe decir que con la misma lluvia, el caudal pudo haber sido mayor, lo que acentúa aún más la subestimación de caudales en la Normativa española.

El Tiempo de Desfase de la Punta de caudal T_{dp} (Tiempo de la punta del hidrograma-Tiempo del c.d.g. de la Precipitación,), fue de unos 50', que coincide razonablemente con el calculado por el método de Témez (1987), $T_{dp} = 0,36 T_c$, 41'.

También de interés es la estimación de los Caudales Específicos. De acuerdo con De Benito et al. (1998), el valor medio en la cuenca del Arás, fue de $25 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$, con valores de 30 en la parte baja del Betés, 23 en la del Aso justo antes de la confluencia con los otros dos torrentes, y 25 en la parte inferior de la subcuenca de la Selva. Esto indica que en términos medios específicos, las cuencas tuvieron un comportamiento relativamente similar.

Un problema recurrente, es la estimación de los valores del Coeficiente de rugosidad n de la fórmula de Manning

$$Q = A \cdot R^{2/3} \cdot s^{1/2} / n$$

A: Area de la sección mojada

R: Radio hidráulico, (A/P, P: Perímetro mojado)

S: Pendiente del cauce en tanto por uno

García Ruiz et al. (1996), estimaron un valor de 0,2-0,3. De Benito et al. (1998), han estimado valores entre 0,04 y 0,07, más de tres veces menores. Estos mismos valores, 0,04-0,07, han sido estimados por Alcoverro et al. (1998) utilizando la aproximación de Chow (1959) habida cuenta del tamaño de los bloques observados. Dado que la influencia de n es directa en el cálculo de los caudales punta, resulta llamativa la coincidencia de caudales estimados en las tres publicaciones, lo que refuerza la problemática sobre estas estimaciones y sobre los T_r deducidos a partir de Manning, que deben implicar niveles de error inasumibles. Si se tiene en cuenta que tanto De Benito et al. (1998) como Alcoverra et al. (1998) y el CEDEX, han utilizado, con buen criterio, el método de la sección crítica en los vertederos de las presas indemnes, llegando a resultados de caudal entre 250 y 600 m^3/s , se hace aún más patente la posibilidad de errores inadmisibles en la determinación de T_r de caudales, aun en el caso más favorable de que la cuenca esté aforada, y la conveniencia de tomar como T_r de estos sucesos, el del agente causal, la lluvia. La conveniencia de esta aproximación vía lluvias, resulta reforzada por el hecho bien conocido de que los datos pluviométricos tienen un menor

Coeficiente de Variación (desviación típica/media aritmética) y un menor sesgo que los caudales, incluso en el caso de que haya estación de aforos (Ferrer Polo, 1993).

En cuanto al tema de velocidades medias de flujo líquido en el torrente del Arás, De Benito et al.(1998) han estimado 5,2 m/s por sección crítica y Alcoverro et al. (1998), de 5,9 a 7,3 m/s por la fórmula de Costa (1983); estos últimos autores, han estimado por el mismo método una velocidad de 5,5 m/s para el borde más bajo de los lóbulos depositados en el cono por el evento, que según mis cálculos, como se vió, sería del orden de 4 m/s en la zona del edificio del camping.

Otro tema de interés es el que se refiere al papel de la vegetación arbórea en inundaciones medias como la de 1996. Diversas investigaciones recientes sugieren que el papel real, ejercido a través de la intercepción foliar de la precipitación, significativo en inundaciones pequeñas, es muy modesto en inundaciones de Periodos de retorno medios o altos, ya que la capacidad de almacenamiento de las hojas se satura con relativa rapidez. Los bosques, "resultan progresivamente menos efectivos en reducir la escorrentía en la medida que la cantidad de precipitación aumenta. Aunque reducen la escorrentía, pueden no ser efectivos para el control de inundaciones. Las inundaciones ocurren frecuentemente con tormentas mayores en las que la capacidad de almacenamiento (de agua) del follaje, ha sido sobrepasada."(Xiao et al., 2000). No parece, por tanto, que un uso totalmente forestal-arbóreo de la cuenca, hubiera contribuido a reducir de forma significativa el caudal punta, ni tampoco el caudal sólido, removilizado de los aluviones del lecho.

4.- La Dimensión geológica de la inundación y la rotura en cadena de las presas de laminación y retención de sólidos

Toda inundación, y muy especialmente las torrenciales, viene caracterizada tanto por la distribución del caudal líquido en el tiempo (hidrograma), como por la distribución temporal de los aluviones transportados, el solidograma.

La cuenca tenía, por sus pendientes (>50 % > de 22°) y tamaño (18,6 km²) un carácter claramente torrencial. Por otra parte, la confluencia de los tres torrentes tributarios en un mismo punto para dar origen al torrente del Arás, favorece mayores puntas de caudal en éste último. La forma de la cuenca es de tendencia elipsoidal.

La parte baja de la cuenca, estaba cruzada por varios cordones morrénicos, depósitos del glaciar del Gállego, desaparecido tras el calentamiento holoceno, que eran la principal fuente de suministro de los grandes bolos.

El camping estaba en un cono de deyección de 0,73 km²(25,5 km²de cuenca/km² de cono), estructura sedimentaria que se denomina también cono aluvial o abanico aluvial.

Este tipo de estructuras, con forma en planta de abanico o cono de bajo ángulo en sección vertical, relativamente simétrico, lo que implica un carácter equiprobable de

las inundaciones con fuerte transporte sólido que lo van conformando en cuanto a su dirección, tienen varias características.

En primer lugar, tal y como Martínez Goytre, Martínez Gil y Garzón (1996) señalaron, en estas estructuras "La capacidad de migración del cauce es una de sus características intrínsecas", aspecto que sería subrayado también por Gracia y Sánchez (1997). La razón de esta migración estructural, y no pocas veces imprevisible en cuanto a su dirección, estriba en el hecho de que el torrente que transporta los aluviones o el flujo de derrubios, al llegar a la zona apical del cono, experimenta un descenso de pendiente. Así, el Arás, llevaba una pendiente de hasta 9°, media de 5,7° (río torrencial con pendiente >1,5° en su parte más baja y torrente, >6°, en la más extensa y alta, por lo que lo denominamos así). Esta pendiente descendía a un valor medio en el cono, en el sentido de la generatriz, de unos 3,7° (6,5 %), lo que clasifica al curso del cono, permanente, como río torrencial (pendiente entre 1,5° y 6°). Como es sabido, la velocidad media del flujo, es proporcional a la raíz cuadrada de la pendiente del cauce (Vid. la fórmula de Manning anterior), siendo el tamaño máximo que la corriente puede transportar, de acuerdo con la fórmula de Costa antes expuesta, aproximadamente proporcional a v^2 . Esto hace que la carga del torrente, o el flujo de derrubios en su caso, comience a depositarse al producirse la caída de la pendiente, bien en la parte final del torrente, bien en el ápice del cono, taponando su propio cauce y acabando por abrir otro nuevo tras desbordarse como una inundación en manta no confinada (sheet-flood).

Esta característica estructural migratoria del cauce en los conos de deyección, tiene gran importancia con vistas a la delimitación de zonas inundables. Dado que no puede garantizarse que con lluvias menores de un Periodo de Retorno de 500 años no exista migración del cauce, y que esta puede producirse casi en cualquier dirección, la conclusión es inmediata: todo el cono de deyección es zona potencialmente inundable. En este sentido, la definición que da de cauce natural la vigente Ley española de Aguas de 1985 en su Artículo 5, "el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias" (las producidas por un caudal igual a la media de los máximos anuales durante diez años consecutivos, Art. 4.2 del Reglamento de 1986), definición hidráulica carente de criterios geomorfológicos de aplicación cuestionable en puntos no aforados por lo que antes vimos, es abiertamente inadecuada, ya que ignora la realidad universal de que los cauces cambian, especialmente en los conos de deyección. La Reforma de esta Ley de 1999, ha ignorado en este sentido la enseñanza de Biescas y las propias Recomendaciones del Auto Judicial citado, correctas, que merece la pena reproducir:

"A la vista de lo acaecido se demuestra la insuficiencia de la normativa vigente para calificar un terreno como inundable (...) para garantizar la seguridad de personas y bienes".

En el caso de la inundación del 7 de agosto, la inundación en manta en el cono (sheet-flood), se extendió según un abanico de unos 30° (Gutiérrez et al., 1998). La razón estuvo en que un poco antes de llegar al ápice del cono, el cauce se taponó por los aluviones sedimentados, saltando hacia su margen izquierda la avenida, y tras chocar con la pared izquierda de la garganta, rocosa, el flujo, ya en manta, se dirigió hacia la parte Sur del cono, hacia donde iba el torrente antes de la canalización. Este proceso generó unos lóbulos sedimentarios de grandes dimensiones de bolos (unos 1,1-1,2 m de longitud axial intermedia en la zona distal que llegó hasta cerca del camping) en la fase de ascenso y pico del hidrograma. De Benito et al. (1998), como se verá, proponen un mecanismo explicativo de flujo de derrubios para los lóbulos.

Por otra parte, en todos los conos, se observa un decrecimiento del tamaño de los cantos y bloques desde el ápice al pie, fruto del decrecimiento progresivo de las velocidades del agua hacia aguas abajo. Esto es bien visible en el cono del Arás , y también en otros conos del mismo valle del Gállego que han sido estudiados por Gómez Villar (1996).

La toma de datos sobre los tamaños de los mayores bolos, ha sido utilizada en este caso por varios autores para estimar velocidades y caudales. Así, en el puente de Yosa, que fue destruido por la socavación y los bloques, Alcoverro et al. (1998), midieron bolos de 1,1 m de eje intermedio, y de 1,9 m en el ápice del cono; De Benito et al. (1998), midieron bolos de 1,3 m al comienzo de la garganta del Arás , y de 2,25 ya cerca del ápice del cono .

Durante la fase de descenso del hidrograma, el flujo volvió a encajarse, dividiéndose entre la canalización y el torrente por el que iba antes de que ésta se construyera (Gutiérrez, 1998), haciendo cierto el viejo refrán "Aunque pasen años mil, el agua vuelve por donde solía ir".

Según De Benito et al. (1998), hubo flujo de derrubios (debris-flow) en la parte baja de los torrentes de Aso y Betés, así como en el del Arás, correspondiendo los lóbulos de la zona más alta del cono también a este tipo de procesos. Según Gutiérrez et al. (1998) y Alcoverro et al. (1998), no existieron debris-flows y todos los depósitos corresponden a una inundación torrencial acuosa. García Ruiz et al. (1996), se inclinan por la existencia de flujos de alta densidad. Resulta difícil pensar que la rotura en cadena de las presas y la aportación de unos 50.000 m³ de sedimento en fracciones medias y finas desplazándose a más de 5 m/s no condujera al menos a corrientes hiperconcentradas en la zona torrencial.

La fase de ascenso del hidrograma, fue acompañada por la rotura en cadena de 36 de las 42 presas de retención de aluviones construidas en la primera mitad del siglo XX, presas que desde el ápice, llegaban por toda la garganta del Arás hasta la parte baja de los torrentes de Betés y Aso. El proceso, según De Benito et al. (1998), comenzó en la zona de unión de los torrentes de Aso y Betés con un flujo de derrubios (debris-flow) con bloques de hasta 32 t y velocidades de más de 5 m/s,

que rompió la primera presa; a continuación, la carga sólida liberada por la rotura, produjo un efecto dominó que fue destruyendo sucesivamente el resto de las presas, de mampostería con escasa resistencia y sin cimentación, y magnificando la severidad de la inundación. Es probable que la dinámica de los conos de deyección de tributarios o la propia rotura del puente de Yosa, como me ha indicado el ingeniero de caminos e ingeniero geólogo Arturo Rebollo, hayan tenido que ver en el desencadenamiento de las roturas en cadena. Hubo roturas por sifonamiento lateral del suelo, por rotura estructural del vertedero por los bolos seguida de la disgregación de la mampostería en la zona central (la mayor parte), así como por la socavación del pie y descalce de la estructura seguidos de deslizamiento o vuelco del dique.

En cualquier caso, el aserto de que el sistema de presas de retención de sedimento y laminación, "protegía la cuenca de fenómenos previsibles" (Auto Judicial, p. 19) en un sentido jurídico (Tr =500 años), hubiera necesitado para tener validez científica de dos estudios probatorios: a) Hidrológico-Hidráulico para evaluación de caudales, b) Geotécnico y Estructural, de análisis de la estabilidad y resistencia del sistema de presas, que garantizara que cualquier crecida menor que la legal no desestabilizaría las mismas. Ninguna de estas comprobaciones se hicieron, y por tanto la aseveración del Auto Judicial, carece de fundamento científico-técnico, porque no hay demostración de que el sistema de presas hubiera resistido avenidas menores de la legalmente previsible de 500 años.

Del Auto Judicial (p. 10), se deduce que el Instituto Agustín de Bethencourt (IAB), estrechamente vinculado a la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, en base a consideraciones geológicas ha evaluado la extremosidad de la inundación. Así, se dice: "Este Instituto calcula el periodo de retorno en función de la edad del cono de deyección y de su formación a través de diversas crecidas en la vida del mismo, calculada en 22.000 años, así como a través del estudio del movimiento de bloques de superficie y de los que se hallan en profundidad". En base a ello, dicho periodo lo fijan en 3.500 años, manifestando así mismo que "no se ha localizado otro suceso semejante en esta cuenca (o con una probabilidad muy baja) en los últimos 12.000/13.000 años en función de las pruebas realizadas".

Arriba vimos la utilidad de las determinaciones del tamaño de bolos mayores para evaluar las velocidades medias de flujo y de caudal, como un método más a emplear. Por otra parte está la determinación, sobre bases al menos un orden de magnitud más fiables que las que se comentan a continuación, del Tr del agente causal, la lluvia, unas diez veces menores que las del IAB. Justo en la margen izquierda del torrente del Arás, cerca de la presa de retención más baja, hay un enorme bolo, mucho mayor que los que depositó la torrentada de 1996, que ni tan siquiera se movió ese día, y que tuvo que ser dejado allí por un suceso mucho más violento; por otra parte, la inundación de 1929, cortó la carratera en un tramo de 1.400 m, efecto muy superior al producido por la de 1996. No parece pues sostenible la aseveración de que no se haya localizado otro suceso semejante en los últimos 12.000/13.000 años. Por otra parte, las sucesivas torrentadas, han ido

erosionando y llevando al Gállego parte de los sedimentos dejados por las anteriores, con lo cual, la utilización de granulometrías o volumetrías en una óptica comparativa, adolece de un elevado nivel de incertidumbre por la eliminación erosiva de sucesos, incertidumbre que se añade a la de la problemática datación de los depósitos de las tormentadas previas, imposible las más de las veces por la inexistencia de restos orgánicos, o a la de la problemática representatividad de las zanjas o sondeos en estos conos. En estas circunstancias, la comisión de errores en la determinación del Tr del orden de magnitud de los que vimos en la determinación de caudales (no olvidemos la extremada sensibilidad a pequeños errores de las leyes exponenciales de valores extremos), una diez veces, o, probablemente mayores, es perfectamente posible. Por ello la fiabilidad de estas determinaciones resulta aún más problemática que la derivada de los caudales, que como vimos no es aceptable, aunque toda investigación en este campo tan poco trabajado en España, es deseable.

5.-Una evaluación desde el Análisis de Riesgos: Una Legislación insegura basada en una visión insuficiente desde la Peligrosidad

La Legislación española sobre la seguridad de la población ante inundaciones, se basa en la Ley de Aguas de 1985 y su Reglamento de 1986, descansando el criterio de seguridad, como se ha visto, sobre la determinación de la inundación teórica de $Tr = 500$ años.

Se trata de una aproximación a la mitigación preventiva del Riesgo (la pérdida esperable) desde uno solo de los factores de éste, la Peligrosidad, más concretamente la Probabilidad Anual de Excedencia del suceso legalmente previsible ($1/Tr = 1/500 = 2 \cdot 10^{-3}$).

Esta aproximación, deja al margen del análisis tanto la Severidad del suceso (no es igualmente peligrosa una inundación en un tramo bajo de cuenca grande, que sube lentamente que una torrencial que se presenta de improviso y con fuerte caudal sólido) como la Exposición (no tiene la misma importancia social un suceso que puede afectar a un camping para 1.000 personas que a otro de 100) o la Vulnerabilidad (no presenta el mismo Riesgo una tienda de campaña o una caravana que una edificación de dos plantas).

La obvia insuficiencia de estos criterios de seguridad basados exclusivamente en el Periodo de Retorno para prevenir el Riesgo, ha llevado al desarrollo de Criterios de Aceptabilidad Social del Riesgo en las dos últimas décadas. Una de las formulaciones más difundidas de este tipo de criterios, es el tipo F-N, siendo F la frecuencia anual esperable (asimilable a la Probabilidad Anual de Excedencia citada) de un suceso que puede producir N muertos. Basándonos en este criterio, en la forma concreta adoptada por el Gobierno de Hong Kong (Wrigley y Tromp, 1995) que puede verse en la Figura adjunta, analizaremos el caso de Biescas para el escenario esperable correspondiente a un suceso como el legalmente previsible

($T_r = 500$ años; la inundación del 7/08/96, como se ha visto tuvo una recurrencia menor), con vistas a determinar cual era su grado de aceptabilidad. (Wrigley & Tromp, 1995)

La Exposición nominal del camping (EN) era de 1.000 personas, pero el camping tenía un período de servicio útil de 5 meses (Índice de utilización anual IUA = $5/12=0,41$), con un Índice de exposición anual medio (IEA) de 0,5 (50 %), estimado en 500 personas. Durante el periodo de servicio, los ocupantes del camping no estaban todo el día en el mismo; puede suponerse que entre comidas y pernocta, el Índice de exposición diaria medio (IED) era de 0,5 (50 %).

La Vulnerabilidad media V ante un suceso con esa recurrencia, puede ser estimada en 0,65 (un 65%; en el suceso del 7/08/96, con recurrencia menor, fue del 58 % : 87 muertos/150 expuestos).

Por tanto :

$N = EN \cdot IUA \cdot IEA \cdot IED \cdot V = 1.000 \cdot 0,41 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,65 = 67$ muertos esperables (para suceso de $T_r = 500$ años en cualquier hora del día cualquier día del año)

El cálculo del desastre medio diario esperable, en cualquier hora del día, para una situación concreta como la del día 7/08/96, con 630 personas y un suceso con una recurrencia media de 500 años, hubiera dado un valor de $630 \cdot 0,5 \cdot 0,65 = 205$.

La razón de que solo hubiera 87, es simple : entonces solo había 150 personas; si la inundación hubiera sido por la noche, con los 630 ocupantes durmiendo, el número esperable de víctimas hubiera sido de $630 \cdot 0,58 = 365$. La hora, las 19:30, con gran parte de los ocupantes realizando excursiones o compras fuera del camping, evitó una tragedia mucho mayor.

Para una Frecuencia anual de $2 \cdot 10^{-3}$, el número mayor de víctimas admisible N no llega a 1 (<67), lo que indica el elevado nivel de inseguridad, de acuerdo con los estándares actuales, del camping "Las Nieves", y en general de todos los campings, con la legislación española actual basada en el Periodo de Retorno. Un cálculo basado en la Frecuencia anual admisible, que para 67 muertos es de aproximadamente $2 \cdot 10^{-5}$, indicaría que la Frecuencia a que conducía la legislación española para el desastre esperable, es 100 veces mayor que la admisible en los Píses más adelantados en el campo de la prevención de riesgos. En realidad el cálculo realizado, infravalora el Riesgo, ya que la probabilidad de que la tormenta desencadenante se produjera en el periodo de servicio, especialmente en el verano, era mayor de la media.

6.- La dimensión social, política y judicial de la catástrofe

La catástrofe se produjo en pleno verano, cuando muchas personas pasaban sus vacaciones en campings en toda España, incluidos numerosos extranjeros, alguno muerto en Biescas, y fue recogida por toda la prensa española y gran parte de la prensa en el mundo. En España, llenó las primeras páginas de los periódicos durante buena parte del mes de agosto.

Una parte significativa de los ocupantes de numerosos campings pirenaicos, entendiéndose sin duda que su seguridad no estaba garantizada, se apresuraron a abandonarlos, resintiéndose el sector durante algunos años. En el Diario del Altoaragón del 31 de agosto de 1996, la Asociación de Empresarios de Campings de Aragón, calificó la campaña de "catastrófica" al haber recaudado "el cincuenta por ciento de lo previsto".

Por Biescas pasaron muchas de las autoridades del Gobierno, incluido el presidente D. José M^a Aznar, el vicepresidente D. Francisco Alvarez Cascos, el ministro del Interior D. Jaime Mayor Oreja y la ministra de Medio Ambiente, D^a Isabel Tocino, responsable última de la Confederación Hidrográfica del Ebro; igualmente el presidente de la Comunidad Autónoma de Aragón, donde estaba el camping, D. Santiago Lanzuela.

La opinión pública, a lo largo del mes de agosto de 1996, se iría enterando de que el ingeniero Pérez de Bujarrabal había emitido informe alertando de los riesgos, sin que ello sirviera para nada ("Un funcionario alertó del peligro hidrológico en 1988", señalaba El Periódico de Zaragoza de 27/08/96); de que el Instituto Geominero, unos meses antes, había elaborado y entregado al Gobierno Aragonés un mapa de peligrosidad donde se calificaba el emplazamiento como de alto riesgo; de que el Instituto Nacional de Meteorología había alertado el mismo día, con horas de antelación, de la posibilidad de fuertes tormentas convectivas en la zona; de que la Confederación Hidrográfica del Ebro ni tan siquiera había estudiado científicamente el posible riesgo ante la solicitud de autorización. La práctica totalidad de la comunidad científica académica dijo que se trataba de algo previsible y evitable, mientras las instituciones implicadas hacían énfasis en el supuesto carácter imprevisible de la catástrofe, algo ya analizado más arriba. Así, en el diario El Mundo del 10 de agosto de 1996, el Dr. Juan Carlos Carracedo, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, decía tras analizar el emplazamiento: "Todo parece, pues, señalar un escenario de máximo riesgo. ¿Cómo se puede decir entonces que era imprevisible?". En ese mismo número, Alberto Fraguas, presidente de la Asociación Nacional de Profesionales del Medio Ambiente, APROMA, reclamaba la aplicación de la Evaluación de Impacto Ambiental a los nuevos campings. Antonio Papell, el mismo día, en el Diario El Comercio de Gijón, decía: "sólo en un país a medio hacer (...) puede llevarse la crecida de un río a cientos de personas.(...)El Estado es el que tiene que tomar conciencia del problema; el que ha de dictar normas urbanísticas estrictas para que no se permitan instalaciones en lugares inseguros; el que ha de vigilar el cumplimiento de lo establecido". El profesor

Llamas, en El País del 4 de septiembre de 1996, decía a su vez : "La prevención de avenidas, no depende solo de muros de hormigón, sino de una gestión del territorio". Santiago Martín Barajas, de Ecologistas en Acción , en el mismo medio y día, declaraba que "Ante la tragedia de Biescas, sorprende la escasa capacidad de reacción de la administración hidráulica de Medio Ambiente. Ha dado la sensación de que no iba con ellos, cuando además, hay cientos de puntos con instalaciones y viviendas metidas en el cauce natural de los ríos y que pueden acabar en tragedias". Palabras premonitorias que hallarían trágico cumplimiento al año siguiente cuando otra riada acabó en noviembre con la vida de 22 personas en la orilla de los arroyos Calamón y Rivillas, en Badajoz; en 1986, el autor de estas líneas, desde el Instituto Geológico y Minero de España, junto a otros profesionales, había publicado un mapa de riesgo de inundaciones de la zona extremeña arrasada señalando su peligrosidad. El País del 15 de agosto de 1996, decía : "En el Pirineo de Lleida existen numerosos campings en zonas inundables", citando además que el portavoz de la Organización Ecologista IPCENA "recordó que en 1982 una fuerte riada arrasó en Lleida una decena de cámpings, aunque sin causar víctimas".

La reacción de las autoridades fue ejemplar en el caso de Cantabria, la Comunidad Autónoma con más plazas de camping por metro cuadrado. Su consejero de Industria y Turismo, según el Diario Montañés del 15 de agosto de 1996: "cursó instrucciones(...) para (...) inspeccionar y evaluar la seguridad de los 52 campings registrados en Cantabria". Según el consejero, José Ramón Álvarez Redondo: "Tragedias súbitas como la de Biescas deben suponer la puesta en marcha de un proceso de revisión de todas las situaciones en España". No hubo proceso alguno de revisión general. El ministro del Interior, Mayor Oreja, declaró en agosto que "En Biescas hay que llegar al fondo del asunto". El Director General de Protección Civil, Juan San Nicolás, propuso el mismo año la elaboración de un Procedimiento para Evaluación de Riesgos, magnífica idea de la cual no ha vuelto a saberse nada. El diario El Mundo (2/10/96) decía : "Cascos y Tocino eluden hablar de responsabilidades", y también: "La Justicia impidió abrir un camping cercano por riesgo de inundaciones. El Tribunal Superior de Aragón paraliza las obras a orillas del río Gállego porque podía anegarse al crecer el río". La ministra de Medio Ambiente, D^a Isabel Tocino, años después, diría en un programa radiofónico según la revista Entreviú: "No es lógico autorizar un camping en un cono de deyección". Otro conocido miembro del Opus Dei, Benigno Blanco, secretario de Estado de aguas y costas, responsable máximo, pues, tras Tocino, de la Administración Hidráulica española el día en que murieron trágicamente 87 seres vivos inocentes , diría en 1999 (Consortio de Compensación de Seguros, 2000) : "No es admisible en una sociedad occidental de finales del siglo XX, que tengamos que estar viviendo catástrofes como la de Biescas".

No hubo asunción alguna de responsabilidades en ningún nivel administrativo o político; como sabiamente dice el refrán español, mientras los éxitos tienen muchos padres, las desgracias son siempre huérfanas. El 10 de septiembre de 2000 una inundación torrencial arrasó otro camping en Soverato (Calabria, Italia) produciendo

17 muertos; según el diario El País del 12 de septiembre del mismo año :“El alcalde de Soverato(...) se ofreció como “chivo expiatorio” de la tragedia, en vista de la evidente responsabilidad municipal en el permiso”. España, como en el franquismo, parece que sigue siendo diferente.

El 20 de septiembre de 1996, el Gobierno, a través de un Decreto-Ley, decidió adoptar “medidas urgentes para reparar los daños ” en el cual, junto a otras actuaciones, se concedía una ayuda de 2 millones de pesetas por cada víctima mortal o incapacitado permanente, un total de 174 millones para las familias de las víctimas mortales. En la reconstrucción y reforma de la corrección hidrológico-forestal destruida, se han gastado varios 2.300 millones. En el Decreto-Ley, se creaba una Comisión Interministerial para el reparto de los fondos. Si se hubiera aprovechado el Decreto para crear una Comisión Pluridisciplinar de Investigación que estudiara los aspectos científico-técnicos del problema, nuestro conocimiento hubiera avanzado bastante, este trabajo probablemente no hubiera sido necesario, y hubieran salido diversas recomendaciones para la reforma de la legislación y los procedimientos de cálculo vigentes; los resultados de las investigaciones, sin duda hubieran ayudado al Poder Judicial, enfrentado a la evaluación de informes técnicos contradictorios. Este tipo de Comisiones Técnicas de Investigación de Catástrofes, son utilizadas habitualmente en diversos países de la Unión Europea; la última, ha sido creada en mayo de 2000 por el Gobierno holandés para investigar las causas de una explosión de material pirotécnico que ha matado a 20 personas. En España, el terremoto de Granada de 1884 , fue investigado por una Comisión ad-hoc gubernamental dirigida por el director de la Comisión del Mapa Geológico Manuel Fernández de Castro. Sería bueno para el país que la España democrática recuperara esta tradición, interrumpida por el franquismo.

El Pleno del Senado, acordó por unanimidad el 26 de octubre de 1996, a propuesta de todos los Grupos Parlamentarios, la constitución de una Comisión Especial sobre la Prevención y Asistencia en Situaciones de Catástrofe. La Comisión fue presidida por el senador del Partido Popular D. Clemente Sanz, conocedor de la temática por su profesión de geólogo, que acabaría dimitiendo, siendo su vicepresidente 1º el también senador D. Luis Estaún, alcalde de Biescas; tras la dimisión, la presidencia sería asumida por el senador José Mª Pascual Fernández-Layos el 26 de mayo de 1998, publicándose sus conclusiones junto a un voto particular en el Boletín Oficial de las Cortes Generales (Senado) de 9 de diciembre de 1998 (pp. 1-26).Hubo 55 comparencias de expertos pluridisciplinarios en prácticamente todos los temas, entre ellos el autor de estas líneas; solo una de ellas, la del Dr. José Mª García Ruiz, del CSIC, trató el tema de Biescas. En el contexto de la Comisión (de estudio, no de investigación), entre cuyos objetivos no figuraba específicamente el análisis del caso de Biescas, se realizaron cinco desplazamientos a otras tantas zonas, entre las cuales no estaba Biescas(a pesar de visitar Huesca), y unas Jornadas Parlamentarias sobre Riesgos relacionados con el Agua en noviembre de 1997, que a la fecha en que se escriben estas líneas, junio de 2000, continúan sin dar a la luz, que yo sepa, las conclusiones que elaboró un panel de expertos.

Entre las Conclusiones de más interés de la Comisión, figuran las siguientes:

-“debería elaborarse, cuanto antes, un Programa Nacional de Cartografía Temática de Zonas Potencialmente Inundables y su Nivel de Riesgo Asociado (...) que debería aprobarse en la Comisión Nacional de Protección Civil”, cartografía que debería apoyarse en “criterios multidisciplinares” (p. 7). En la fecha en que esto se escribe, junio de 2000, no se ha planteado programa alguno.

-“El promotor de determinados planes, programas y proyectos, tanto públicos como privados, debería incorporar a los mismos una evaluación del riesgo de inundaciones para su consideración en el procedimiento de autorización o aprobación de éstos, incluido el trámite de información pública. (...) sugiere como posible vía a este fin que la nueva Ley de Impacto Ambiental (..) incorpore estas prescripciones en la línea apuntada, sin perjuicio de otras actuaciones normativas” (p. 8). En esta conclusión se basa mi propuesta de un Procedimiento Técnico-Administrativo de Evaluación de Riesgos para la Población (Ayala-Carcedo, 1999). La Reforma de la Ley del Suelo de 1998, no ha incorporado la obligatoriedad de los estudios de riesgos salvo cuando hayan sido considerados en algún otro planeamiento sectorial (p. e. de protección Civil).

-“se hace hincapié en la necesidad de que la totalidad de los municipios dispongan de un Plan de Emergencia” (pp. 12-13)

-“los ciudadanos deberían conocer los riesgos específicos de su municipio” (p. 13)

El Grupo Parlamentario Socialista, en minoría , formuló un voto particular, publicado, que aporta recomendaciones de interés, de las que entresacamos las siguientes:

-“Se propone que en la Ley del Suelo y Valoraciones se incluya la obligatoriedad de los Mapas de Riesgo por Inundación ”.

-“Se propone la elaboración de una normativa general de criterios para ordenación de zonas inundables por una Comisión Interministerial, de obligado cumplimiento en el planeamiento urbanístico, hasta tanto no se elaboren y aprueben los Mapas de Riesgos”.

-“Reforma de la Administración hidráulica. Dotación de equipos multidisciplinares.”

Ninguna de estas recomendaciones se ha materializado.

Al día siguiente a la catástrofe, se procedió a la apertura de Diligencias Previas Judiciales. Los abogados de los familiares de las víctimas “solicitaron la declaración en calidad de imputados como autores responsables de los delitos de prevaricación, omisión del deber de perseguir determinados delitos y homicidio, lesiones y daños imprudentes” de tres comisarios de aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro y de cinco funcionarios de la Diputación General de Aragón, solicitud que sería

reiterada y denegada en tres ocasiones sucesivas (Auto Judicial de 5/10/99). El Auto Judicial, tras examinar y evaluar conforme a lo dicho más arriba la dimensión científico-técnica del problema, y realizar diversas argumentaciones de naturaleza jurídica sobre la procedencia o no de las imputaciones solicitadas, acordó en la fecha citada "el sobreseimiento provisional y archivo de las presentes diligencias previas". El Auto Judicial, ha sido recurrido ante la Audiencia de Huesca por los abogados de los afectados.

Como ha sucedido en todas las inundaciones catastróficas del último medio siglo en España, también en el caso de Biescas, aún antes de que se hiciera cálculo alguno, se ha manejado el pseudoargumento de la imprevisibilidad. Las inundaciones torrenciales en cuencas pequeñas como la que nos ocupa, a efectos prácticos en el sentido de posibilitar una evacuación, eran, son y seguirán siendo probablemente, imprevisibles a nivel temporal, ya que aún con alerta temprana, la evacuación es prácticamente inviable. Por el contrario, las zonas inundables y la tipología de la inundación (en este caso relámpago y con migración del cauce, lo que confiere el carácter de zona potencialmente inundable a todo el cono de deyección), eran y son perfectamente previsibles. Por tanto, seguir hablando de imprevisibilidad, es insostenible, supone hacer tabla rasa del progreso científico de los últimos cientos de años. Como dijo el profesor Martínez Gil a los cinco días de la catástrofe, "En este lamentable suceso no ha habido más fatalidad que la propia ubicación del camping sobre el cono de deyección del barranco(...) que jamás debió ser autorizada, de cuya peligrosidad hubo en su día serias advertencias".

En 1999, la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León, desestimó una solicitud para clasificar como urbanizable un terreno situado en zona inundable en Valverde del Majano (Segovia), alegando en los Fundamentos de Derecho que "La cuestión, examinada a la luz de los gravísimos y luctuosos incidentes de la historia reciente de España (Tous, Bermeo, Biescas, Badajoz...), precisa de un examen, que más allá de la regulación legal de las competencias urbanísticas, se remite a reglas elementales de prudencia y sentido común." Reglas que, a la luz de lo que viene pasando, sería deseable fueran de empleo más frecuente. Fernando Nasarre, director general de Vivienda, Arquitectura y Urbanismo, diría en 1999 que "un suelo sometido al riesgo de inundación (...) habrá de clasificarse como no urbanizable", una postura maximalista para zonas inundables con riesgo exclusivamente económico, pero prudente y de sentido común (Consortio de Compensación de Seguros, 2000).

En los sucesivos aniversarios de la catástrofe, la prensa ha vuelto a recordarla puntualmente. En 1999, familiares de los afectados, no pocos aun con asistencia psicológica o psiquiátrica y vidas a menudo truncadas (huérfanos totales o parciales, familias y matrimonios desechos), volvieron al lugar de la catástrofe con ocasión del aniversario para depositar ramos de flores.

Como experto y ciudadano, no puedo evitar hacerme algunas preguntas.

¿Sería Biescas un nombre ya indisolublemente asociado a una tragedia si el informe de Pérez de Bujarrabal advirtiéndolo de la posibilidad de una catástrofe hubiera sido asumido?. Dado que, reiteradamente, se avisó, ¿Puede seguirse diciendo que fue una catástrofe imprevisible?. ¿En qué medida la existencia de un sistema de obras no generó una presunción de seguridad que condujo a la catástrofe?. ¿Por qué no se ha proscrito, casi cuatro años después, habiéndose realizado en 1999 una Reforma de la Ley de Aguas, la instalación de campings u otras obras altamente vulnerables en conos de deyección o zonas inundables?. ¿Por qué siguen utilizándose métodos de cálculo que la catástrofe de Biescas ha demostrado son claramente inseguros para inundaciones torrenciales?. ¿Por qué la prudencia y el sentido común al que algunas resoluciones aluden se aplican tan poco?.

El Dr. Martínez Gil, a los siete días de la catástrofe, dijo lo siguiente: "Sería necio que por temidas responsabilidades, si las hubiere, tanta tragedia absurda, tanta gente inocente inútilmente inmolada, no sirviera cuando menos para aprender la lección y para que nunca jamás pueda ser verdad en Biescas el dicho popular que asegura que "el hombre es el único animal que tropieza dos veces en la misma piedra"". ¿Siguen teniendo alguna vigencia estas palabras cuatro años después?

7.- Lecciones

A. Dimensión científico-técnica

*La inundación de Biescas, imprevisible en lo temporal a efectos prácticos de evacuación, era perfectamente predecible en lo espacial y lo tipológico, y de hecho, previamente a la catástrofe, había sido reiteradamente advertida por escrito la alta peligrosidad o la posibilidad de una catástrofe, al menos en tres ocasiones.

*El caso Biescas, pone de relieve una vez más que los conos de deyección son zonas potencialmente inundables por el carácter intrínsecamente migrante del torrente, debido a la deposición de sedimentos en las zonas apical y proximal, lo que produce, tanto inundaciones no confinadas de alta velocidad (> 4 m/s en Biescas) y carga de sedimento, aunque de calado limitado (1,2 m en Biescas), como cambios de curso del torrente, a menudo impredecibles. En consecuencia, todo cono de deyección debería ser considerado zona inundable con características de inundación-relámpago que, a nivel práctico, impide la evacuación de la población expuesta. Esto significa que en el caso de instalaciones altamente vulnerables como campings o caravanas, hay un claro riesgo de muerte (por arrastre con golpeo por el sedimento y objetos arrastrados en el caso Biescas) para la población expuesta.

*La comparación de las previsiones deducidas de los criterios y formulaciones para cálculo de inundaciones en cuencas torrenciales, con la realidad de lo sucedido el 7 de agosto de 1996 en la cuenca y cono del Arás, pone de relieve lo siguiente:

-Las previsiones de la Instrucción de Drenaje 5.2-IC de 1990 en cuanto a intensidades de precipitación horarias, subestiman gravemente las mismas (un 116 % respecto a las reales en el caso analizado), lo que conduce a una infravaloración de caudales contra la seguridad de la población y las obras). Probablemente la relación $I1/I_d$ sea dependiente de la precipitación diaria, el Período de retorno u otros factores que habría que investigar con datos pluviográficos, y el Coeficiente de Escorrentía determinado a partir del método del U. S. Soil Conservation Service esté infravalorado.

-La formulación utilizada para el cálculo del Tiempo de Desfase de la Punta de caudal, ha mostrado una consistencia razonable con la realidad del suceso.

-Parece conveniente avanzar hacia la utilización para estas pequeñas cuencas de fórmulas del caudal punta obtenidas a partir de análisis de regresión en cuencas aforadas, mucho más exactas que el Método Racional utilizado en dicha Instrucción, aunque la pobre cobertura, limitada longitud temporal de las series y falta de datos pluviográficos en España pueden hacer inviable por el momento esta aproximación.

*La determinación del Periodo de Retorno del suceso, una inundación, dada la falta de series aforos del caudal con las que determinar leyes de valores extremos en la mayoría abrumadora de estas pequeñas cuencas o su escasa cobertura temporal, los errores inherentes a la estimación de caudales punta del suceso, los errores inherentes a los métodos de cálculo hidrometeorológico que suelen emplearse en España, y el carácter exponencial de las leyes estadísticas de valores extremos que amplifica con aumentos de hasta unas diez veces en los Periodos de Retorno los errores anteriores, producen errores completamente inasumibles a la hora de comprobar si el suceso ha tenido una recurrencia mayor de la legal en España, 500 años. En consecuencia, parece más racional utilizar el criterio del juez de instrucción Sr. Fustero en el Auto Judicial, de determinar el Periodo de Retorno de la lluvia media en la cuenca, agente causal, con las correcciones por área allí donde fueran procedentes, respecto a la ley de valores extremos determinada para la estación meteorológica más cercana y representativa. Dada la amplia ausencia de pluviógrafos en España, se hace necesaria la utilización de lluvias diarias.

En este sentido, se deduce también lo siguiente: a) La utilización de aproximaciones regionales obtenidas por interpolación, al menos en zonas de montaña y para estas pequeñas cuencas, subestima muy significativamente la precipitación esperable para el Periodo de Retorno de 500 años, con sobreestimaciones amplificadas mucho mayores, e inaceptables, del Periodo de Retorno del suceso, cuando se utiliza con el método de cálculo de la Instrucción vigente, b) La práctica de deducir una ley estadística de caudales teóricos derivada de métodos hidrometeorológicos, que por lo anteriormente expuesto subestima la realidad de forma inaceptable, e introducir en la misma el caudal estimado del suceso para deducir el Periodo de Retorno del mismo, es científicamente inaceptable tanto por las enormes sobreestimaciones de dicho Periodo a que conduce, como por el hecho de atribuir a un mismo agente causal, la lluvia, dos caudales diferentes: de una parte el real (estimado), de otra el teórico. Solo parece científicamente aceptable la

determinación del Periodo de Retorno del caudal punta cuando existe estación de aforos en la cuenca y el caudal punta se estima por varios investigadores a partir de la conjunción de métodos de Sección Crítica con la orientación derivada de datos de bolos máximos movidos o de envolventes de caudales máximos en contextos similares. En caso contrario, salvo que se deseen imputar a la muda Naturaleza nuestros propios errores de cálculo, y más habida cuenta de la mayor fiabilidad y la menor variabilidad inherente a los datos meteorológicos frente a los hidráulicos, es mucho más fiable determinar el Periodo de Retorno a partir del agente causal, la lluvia.

*Los errores anteriores, realzan el valor de aproximaciones y evaluaciones cualitativas a partir del conocimiento de los procesos anteriores y formas generadas, siempre necesarias.

*Los sistemas de corrección hidrológico-forestal de torrentes, siendo de utilidad para proteger las cosas, no garantizan una protección suficiente para las personas, generando, por el contrario, una falsa sensación de seguridad que está en la base de la utilización del terreno para un camping a pesar de las advertencias de posibilidad de una catástrofe. Por otra parte, las presas de retención de sedimento de estas correcciones, como Biescas ha mostrado con la destrucción de la práctica totalidad de los diques, carecen en general de un diseño suficientemente estable o resistente ante el impacto de bolos arrastrados por la corriente o en régimen de flujo de aluviones, y su rotura en cadena aumenta el caudal sólido y con ello las posibilidades de taponamiento y migración del cauce, convirtiendo en inservible la canalización dentro del cono.

B. Dimensión Legislativa y Gubernamental

*La legislación existente en España, como ha señalado el Auto Judicial de 1999, especialmente la Ley de Aguas y su Reglamento, no son suficientemente adecuados para proteger la vida de las personas en instalaciones altamente vulnerables como campings, caravanas o edificaciones de una planta, especialmente las provisionales o de poca resistencia. La definición de cauce dada en dicha Ley, de carácter exclusivamente hidrológico y de aplicación científicamente cuestionable, no tiene en cuenta la realidad de que los cauces naturales migran (especialmente en conos de deyección y zonas torrenciales) y cambian de sección en las inundaciones. Debería cambiarse dicha definición para que refleje la realidad de los procesos, incorporando criterios de carácter geomorfológico y quizá sedimentológico.

*Las instalaciones citadas, deberían ser prohibidas en los conos de deyección, y en general en zonas expuestas a inundaciones torrenciales a través de disposiciones en la legislación del suelo, Ordenación Territorial y Protección Civil.

*La realidad del caso Biescas, ha mostrado que la Instrucción de Drenaje 5.2-IC subestima gravemente los caudales punta de avenida y es por tanto insegura para

personas y obras, por lo que debería plantearse su revisión urgente.

*Sería altamente conveniente la elaboración de un Procedimiento Técnico-Administrativo de Evaluación de Riesgos para la Población que garantizara la protección de la vida de acuerdo con la obligación de los poderes públicos prevista en el Artículo 51.1 de la Constitución Española de 1978.

*Catástrofes como la de Biescas, tienden siempre a debilitar la credibilidad de los poderes públicos, especialmente los gobiernos, que son sometidos a intenso cuestionamiento por los media y por la ciudadanía, que, inevitablemente, duda de la capacidad de los mismos para proteger el derecho humano fundamental: la vida.

*Casos como el de Biescas ponen de relieve la necesidad de recuperar la tradición de las Comisiones Pluridisciplinares de Investigación de Catástrofes, habituales en los países europeos y materialización de la voluntad política de aprender las lecciones de estas tragedias y superar concepciones corporativas del Estado, con el objeto de analizar las dimensiones científico-técnica y de adecuación de la normativa y proporcionar ayuda pericial al Poder Judicial si éste lo solicitara.

Agradecimientos

Al profesor de la Universidad de Zaragoza Dr. Javier Martínez Gil, buen conocedor del Caso Biescas y de probado espíritu cívico en éste y otros casos, así como al profesor y Master en Hidrología Andrés Díez Herrero por sus observaciones críticas al documento original y la aportación de documentación que han servido para mejorar sus contenidos.

Bibliografía

- Alcoverro, J.; Corominas, J. y Gómez, M. (1999), The Barranco de Arás flood of 7 August 1996 (Biescas, Central Pyrenees, Spain), Engineering Geology, Elsevier, 51, 237-255
- Ayala-Carcedo, F. J. (1999), Selección racional de estrategias estructurales y no estructurales y de actuaciones públicas y privadas en la mitigación del riesgo de inundaciones en España. Un análisis comparativo, Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, Vol. 93, I, 99-114
- Benito, G.; Grodek, T. y Enzel, Y. (1998), The geomorphic and hydrologic impacts of the catastrophic failure of flood-control-dams during the 1996-Biescas flood (Central Pyrenees, Spain), Zeitschrift für Geomorphologie, Berlin-Stuttgart, 42(4), 417-437
- Borderas, M. (1930), Proyecto de corrección del torrente de Arás, 6ª División Hidrológico-Forestal, Zaragoza, 43 pp. (no publicado)

- Chow, V. T. (1959), Open-channel hydraulics, McGraw Hill, NY, 680 pp.
- Consorcio de Compensación de Seguros (2000), Riesgos de inundación y régimen urbanístico del suelo, Madrid, 357 pp.
- Costa, J. E. (1983), Paleohydraulic reconstruction of flash-flood peaks from boulder deposits in the Colorado Front Range, Geol. Soci. Am. Bull., 94, 986-1004
- Creus, J. y Puigdefábregas, J. (1978), Influencia del relieve en la distribución de las precipitaciones máximas: un ejemplo pirenaico, Cuadernos de Investigación Geográfica, 4(1), 11-24
- Dirección General de Carreteras, Instrucción de carreteras. Drenaje. Norma 5.1-IC de 1965, 2ª Edición, MOPU, 63 pp.
- Elías, F. y Ruiz, L. (1979), Precipitaciones máximas en España, ICONA, Madrid, 545 pp.
- Etoh, T.; Murota, A. y Nakanihi, M. (1986), SQRT-Exponential type distribution of maximum, Proceedings of Intern. Sympos. on Flood Frequency and Risk Analysis, Lousiane, may, pp. 253-65
- Ferrer Polo, F. J. y Ardiles, L. (1994), Análisis estadístico de las series anuales de máximas lluvias diarias en España, Ingeniería Civil nº 95, CEDEX, Madrid, 87-100
- Ferrer Polo, F. J. (1993), Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas, CEDEX, Madrid, 76 pp.
- Fustero, M., juez, (1999), Auto(Diligencias Previa 495/96) de 4 de octubre, Juzgado de Instrucción Nº 1 de Jaca (Huesca), 30 pp.
- García Ruiz, J. M^a; White, S.; Martí, C., Valero, B. ; Errea, M^a P. Y Gómez, A. (1996), La catástrofe del Barranco de Arás (Biescas, Pirineo Aragonés) y su contexto espacio-temporal, CSIC, Zaragoza, 54 pp.
- Gracia, J.J. y Sánchez Dégano, Y. (1997), A un año de la tragedia de Biescas: ¿fatalidad o temeridad?, Trébede, Zaragoza, 4 y 5, julio-agosto, 7-19
- Gómez Villar, A. (1996), Conos aluviales en pequeñas cuencas torrenciales de montaña, Geoforma edic., Logroño, 191 pp.
- Gutiérrez, F.; Gutiérrez, M. y Sancho, C. (1998), La avenida del 7 de agosto de 1996 en la cuenca y abanico aluvial de Arás (Valle de Tena, Pirineos Centrales). Aspectos geomorfológicos y sedimentológicos, Rev. Soc. Geol. España, Madrid, 11 (1-2), 71-85
- Heras, R. (1983), Recursos Hidráulicos. Síntesis, metodología y normas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 316 pp.
- Jennings, M.E.; Thomas, W.O. y Riggs, H.C. (1993), Nationwide Summary of U. S. Geological Survey's Regional Regression Equations for Estimating Magnitude and Frequency of Floods at Ungaged Sites, USGS WRI 93-1, Reston, VA

- Martí, C. (1996), El glaciario cuaternario en el Alto Aragón Occidental, Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 300 pp.
- Martínez Gil, J. (1996), Biescas: una semana después, El Periódico, Zaragoza, 14 de agosto
- Martínez Gil, J. (1996), ¿Fatalidad o irresponsabilidad?. La catástrofe de Biescas, El Mundo, 12 de agosto
- Martínez Goytre, J.; Martínez Gil, J. y Garzón, G. (1996), La prevención de riesgos naturales. El caso de Biescas, Tierra y Tecnología, Ilus. Colegio de Geólogos, Madrid, 14 y 15, 4º trimestre de 1996, 26-30
- MOPU, Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial de 1990, 83 pp.
- Organización Meteorológica Mundial (1986), Guía de Prácticas Hidrológicas, Vol. II, Análisis, predicción y otras aplicaciones, OMM, Ginebra, N° 168
- Pardé, M. (1961), Sur la puissance des crues en diverses parties du monde, Geographica, Spec. Vol. 293 pp.
- Riosalido, R. , coord.(1998), Estudio Meteorológico de la situación del 7 de Agosto de 1996 (Biescas), Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 90 pp.
- Shaw, E. M. (1994), Hydrology in practice, Chapman & Hall, Londres, 569 pp.
- Témez, J. R. (1987), Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales, Dirección General de Carreteras, MOPU
- Tricart, J. (1969), La epidermis de la Tierra, Labor, Barcelona, 178 pp.
- U. S. Water Resources Council (1981), Estimating peak-flow frequencies for natural ungaged watersheds-A proposed nationwide test, U. S. W. R. C., Washington, D. C.
- U.S. Geological Survey(1972), Selected Streamflow Characteristics as Related to Channel Geometry of Perennial Streams in Colorado, Open File Report 72-160, water Resources Division, Lakewood, CO
- Xiao, Q.; McPherson, G., Simpson, J. R. y Ustin, S. L. (2000), Rainfall interception by Sacramento's urban forest, <http://cstars.ucdavis.edu/papers/sustin/landecol/urbanforest/paperfr.html>
- Wrigley, J. y Tromp, F. (1995), Risk management of major hazards in Hong Kong, in Integrated Risk Management, Melcher & Stewart eds., Balkema, Rotterdam, 37-41