

CRECIDAS EXTRAORDINARIAS DEL RIO DUERO

Por JAVIER R. MARQUINA, Ingeniero de Caminos.

Concluye con el presente artículo el interesante trabajo iniciado con este mismo título en nuestro número de mayo último, en el que se presentaba lo que pudiéramos llamar la parte histórica del asunto, que fué muy del agrado de nuestros lectores. En el presente se hace un resumen del estudio hecho para el proyecto del Salto de Villalcampo, de cuya inauguración damos cuenta en este mismo número.

II. - DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES

Recopilados y clasificados los distintos datos y vestigios de los niveles alcanzados por las riadas, tanto los de carácter histórico como los proporcionados por los Servicios de Aforos del Estado y de Saltos del Duero, fué menester establecer los caudales correspondientes a aquellos niveles, mediante un estudio de conjunto que, aunque extenso y laborioso, no ofreció dificultades especiales. Se determinaron por separado los caudales del Duero y los del Esla, obteniéndose, por suma de ambos, los de aguas abajo de la confluencia, que son los que juegan en el salto de Villalcampo, así como en el de Castro que inmediatamente le sigue.

Los caudales del Esla se estudiaron en base de la estación de aforos de Bretó, instalada por Saltos del Duero, muy próxima a la cola del embalse de Ricobayo, en la que se poseen alturas limnimétricas desde 1923, extendidas hasta 1916 por correlación con la escala de Muelas del Pan. En la fecha en que se preparó el proyecto de Villalcampo (1943) se habían practicado 674 aforos con molinete desde un cable colgante, con caudales de hasta 2 875 m.³/seg. y buenas garantías de exactitud (excepto en determinadas circunstancias anormales que se discutieron con todo detalle), por ser la sección invariable, regular y no inundable; en consonancia con esto, la dispersión de los puntos en el gráfico caudales-vs.-alturas es pequeña y el trazado general de la curva-clave muy regular.

Se consiguió obtener en la sección del río correspondiente a la escala de aforos una buena señal, debidamente contrastada, de la altura alcanzada por la gran crecida de 1909, muy poco más alta que la registrada en el limnógrafo durante la inundación de enero de 1939. A pesar de la coincidencia de haberse presentado estas dos avenidas con intervalo relativamente corto, fueron ambas de carácter muy excepcional, pues superaron ampliamente a todas las del siglo XIX, así como a la de 1788, siendo tal vez comparables las de 1739 y 1709, y aun de éstas, cabe inferir por distintos indicios que no pudieron superar en este río a la de 1909, de tal manera que es preciso remontarse hasta el año 1597 para encontrar una crecida que tal vez haya excedido ligeramente a las dos sufridas por la presente generación.

En la gran crecida de 1939, que duró desde el día 16 hasta el 22 de enero, con aportación total de unos 1 400 millones de metros cúbicos, se tomaron lecturas horarias del nivel de embalse y se registraron las distintas maniobras de apertura y cierre del túnel de evacuación, el consumo de la Central y los desagües por el aliviadero, que entonces todavía no tenía instaladas sus compuertas; sumando los volúmenes desagüados en cada hora con los correspondientes al juego de embalse, se obtuvo un gráfico de los caudales afluentes, que se comparó con el obtenido directamente, aplicando las alturas registradas en el limnógrafo de Bretó, que en su día se comprobaron debidamente, a la curva-clave de caudales extrapolada mediante sucesivos tanteos. En estos cálculos se extremó el cuidado, analizándose por separado las curvas de desagüe del túnel y del aliviadero de superficie, con ensayos en modelo e independientemente por procedimientos estadísticos basados en las variaciones de embalse en períodos de vaciado de suficiente duración, en los que las aportaciones permanecían constantes y bien conocidas. Las posibles causas de error y su orden de magnitud se discutieron con detalle, en base de un detenido informe del Prof. Rehbock, y en resumen se llegó a la conclusión de que la curva de caudales-vs.-alturas, establecida para la estación de Bretó en su zona correspondiente a caudales superiores a 1 000 metros cúbicos/seg., está aproximada por exceso, no siendo superior al 5 por 100 el margen de error. El caudal máximo alcanzado en 1939 resulta, con arreglo a dicha curva, de 5 260 m.³/seg.; el de 1909 puede estimarse en 5 500 m.³/seg.

En el río Duero, antes de su confluencia con el Esla, resultó más difícil la determinación de los caudales de avenida a causa de que tanto las escalas que la Confederación del Duero tiene en Toro como la estación de aforos de Saltos del Duero, situada algunos kilómetros aguas abajo, en Villachica, como las numerosas marcas existentes en varios pueblos ribereños y muy especialmente en Zamora, corresponden a secciones donde el río se desborda con los grandes caudales, inundando amplias extensiones de vega, con la consiguiente dificultad para la extrapolación de la curva-clave caudales-alturas. Este inconveniente tiene como ventajosa contrapartida la abundancia y garantía

de las señales de los niveles alcanzados por las inundaciones, pudiendo fundadamente afirmarse que se conserva testimonio seguro de la altura alcanzada por las riadas extraordinarias a partir del año 1500. Además de las dos escalas citadas, existe una tercera en la Central del Salto del Porvenir, emplazado pocos kilómetros antes de la confluencia, precisamente donde termina el curso del río por la meseta y se inicia la garganta rocosa que forma el tramo industrial. Esta escala es más adecuada que aquellas dos para la medición de los caudales de avenida, por corresponder a sección muy regular en la que el río no se desborda, y tiene la ventaja de ser la más completa en sus registros que se inician en los primeros años del siglo. Por ello se creyó preferible referir, mediante las oportunas correlaciones, todas las demás lecturas y niveles a esta escala del Porvenir, definiendo en ella la curva caudales-alturas para toda la gama de valores registrados.

Los datos de la estación de Villachica, fruto de más de 500 aforos, pueden darse por buenos hasta un caudal aproximado de 1 450 m.³/seg., a partir del cual la inundación de las márgenes imposibilita totalmente la ejecución de los aforos por impedir el acceso a los castilletes del cable. La obtención de la curva-clave en el Porvenir, por transformación de la de Villachica, según las hojas del limnógrafo, a fin de valores, debidamente seleccionados para cubrir toda la curva y dando más peso en la parte baja de la misma a los correspondientes a caudales constantes en Villachica, según las hojas del limnógrafo, a fin de eliminar el posible error debido al decalaje entre ambas secciones; en la parte alta, con valores correspondientes a caudales más fuertes que varían en el tiempo con relativa rapidez, se tuvieron en cuenta los oportunos decalajes, determinados mediante la comparación de las mismas ondas de avenida registradas en ambas secciones. La dispersión de la correlación es prácticamente nula, lo que evidencia que el caudal desaguado no aumenta desde Villachica al Porvenir, a pesar de que la cuenca adicional mide varios miles de kilómetros cuadrados, y ello se explica por ser muy pequeña la pendiente y extensísima la superficie inundada, siendo fenómeno conocido en algunos de los grandes ríos alemanes, donde incluso parece disminuye el caudal máximo de avenidas a medida que el río avanza en su curso.

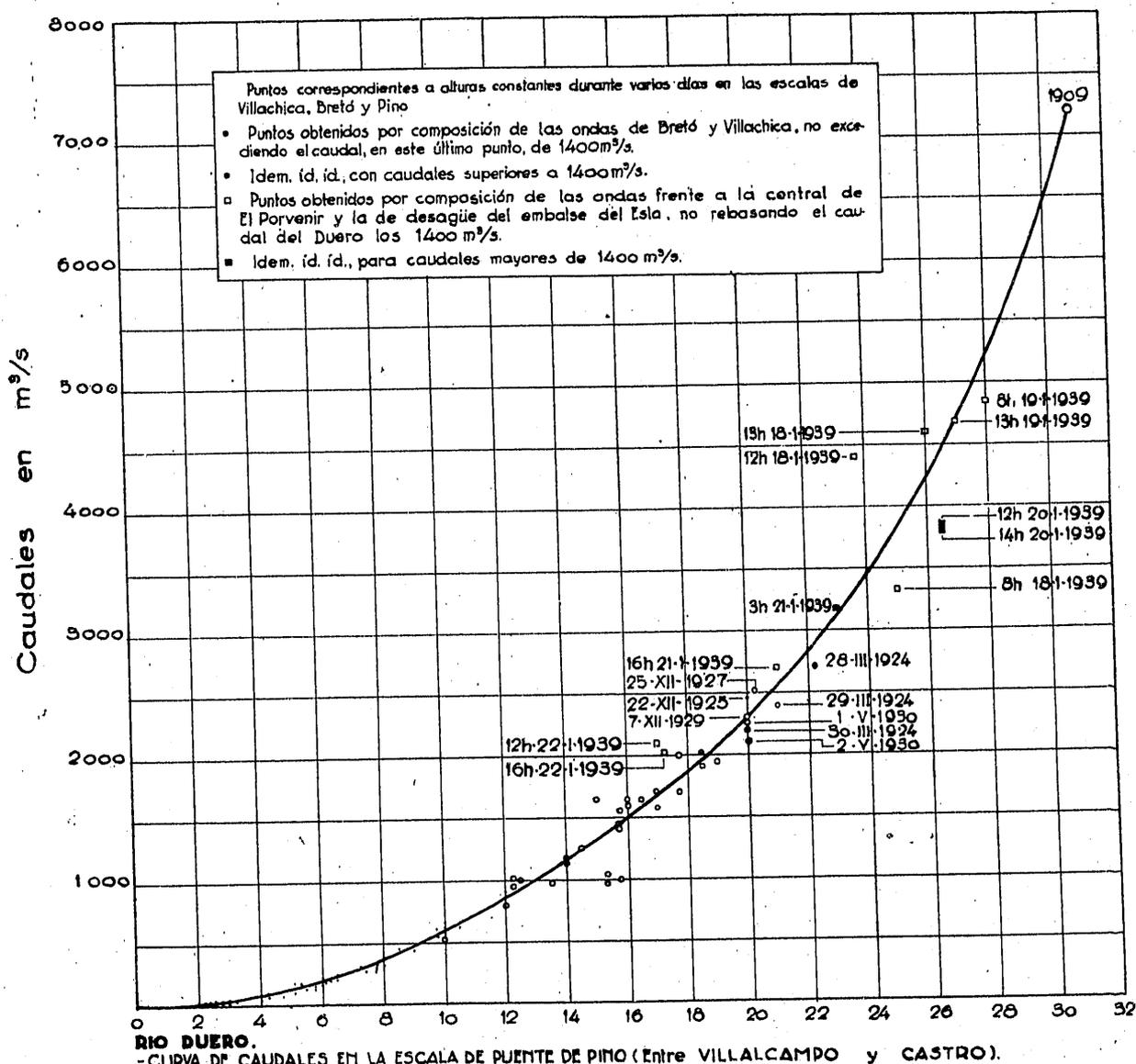
La extrapolación de la curva-clave en el Porvenir, por encima de los 1 450 m.³/seg., se realizó prolongando la curva de velocidades correspondiente a una sección media virtual, obtenida superponiendo gráficamente 16 perfiles transversales del cauce, medidos en un tramo de unos 5 Km. de longitud hacia aguas abajo. Esta extrapolación se comprobó determinando (con una marcha inversa al procedimiento general

empleado para la obtención de la curva-clave después de la confluencia, en la escala del puente de Pino) los caudales en el Porvenir, en avenidas máximas, por diferencia entre los valores conocidos en la escala de Pino y en el Esla; esta operación, aun seleccionando los valores más seguros y teniendo en cuenta los decalajes pertinentes, implica bastantes errores, y por ello, los pocos puntos así obtenidos presentan considerable dispersión, aunque, en general, caen bien con la curva. Podría pensarse que este sistema de comprobación entraña un círculo vicioso, puesto que, a su vez, la curva de Pino se obtiene usando la del Porvenir; pero en realidad no es así, por cuanto que sólo un pequeño número del conjunto de valores utilizados para el trazado de la parte alta de la curva del Pino se han calculado con la prolongación de la del Porvenir.

Otra comprobación, de un orden totalmente distinto, se obtiene comparando la curva con la que en el año 1920 preparó el que fué distinguido Ingeniero D. Federico Cantero y Villamil, mediante numerosos aforos practicados con flotadores, llegando incluso a efectuarlos en el momento álgido de la avenida de 1919, con caudal de casi 2 000 m.³/seg. Esta curva es muy semejante a la anterior, dando valores del orden de un 10 por 100 mayores en toda su extensión desde 500 a 2 000 m.³/seg., lo cual, considerando que nuestros aforos son de toda garantía entre 500 y 1 450 m.³/seg., parece indicar una estimación por exceso en los aforos con flotador, probablemente por haberse atribuido valores excesivos a los coeficientes.

Como consecuencia de los hechos expuestos y del examen atento de los distintos gráficos, puede afirmarse que la extrapolación de la curva hasta el valor de 3 000 m.³/seg., correspondiente a la extraordinaria avenida de 1860, es digna de confianza, si bien hay que admitir un margen de error de cierta importancia, que probablemente rebasará el 10 por 100.

Conocidos los caudales en el Esla y el Duero antes de la confluencia, basta combinarlos para obtener los totales en Villalcampo; a fin de contrastarlos mejor, se hizo el estudio de la curva en la escala de Puente de Pino, perteneciente al servicio de aforos de la Confederación, y que viene funcionando desde fines de 1917; las únicas dificultades nacen de los decalajes, pero en la mayor parte de los grupos de valores empleados para obtener puntos de la curva, su influencia es pequeña por haberse seleccionado precisamente crecidas con ondas bastante planas. También es mínima la significación del posible error de la curva del Porvenir, puesto que la aportación del Duero representa en las grandes crecidas de 1909 y 1939 sólo unos 1 800 m.³/seg. La curva obtenida se presenta en el gráfico adjunto, individualizándose los distintos puntos utilizados para obtenerla, cuando corresponde a caudales mayores de 800 m.³/seg.



III. - PRESENTACIÓN PERIÓDICA DE LAS AVENIDAS

Como complemento de los puntos básicos ya descritos, se consideraron otros aspectos secundarios, a fin de lograr una total compenetración con el problema de las avenidas, que ha de ser la mejor garantía de las conclusiones finales del informe. Entre estos aspectos hay que señalar la recogida de todos los datos pluviométricos disponibles (en un extenso trabajo preparado por los ilustres meteorólogos Sres. Llorente y Nieto); el análisis estadístico, mediante los procedimientos

clásicos de Hazen y Foster, de los valores de los caudales máximos; la discusión de las posibilidades de los métodos pluviométricos desarrollados por los americanos para la determinación de la avenida máxima, cuyos métodos se aplicaron como ensayo en algunas de las cuencas parciales de los afluentes del Duero. y, finalmente, el análisis de la repetición periódica de las grandes inundaciones, que por aparecer muy claramente acusada, contra lo que ordinariamente ocurre en otros estudios semejantes, ofrece algún interés. Las inundaciones más notables desde el 1400, a partir del cual son tan abundantes las fuentes informati-

vas que cabe esperar que no falte en la relación histórica ninguna crecida realmente extraordinaria, son las siguientes:

Siglo xx.....	1939-1909.
" xix.....	1860.
" xviii.....	1788-1739-1709.
" xvii.....	1636-1626.
" xvi.....	1597.
" xv.....	1485-1435.

Estas fechas presentan repetidamente un intervalo de ciento cincuenta y uno o ciento cincuenta y dos años, patente en las series:

1939; 1788; 1636; 1485;
1860; 1709;
1739; — 1435.

Asimismo basta una ojeada a las fechas que, sin el menor prejuicio, pues no llegó a adivinar la periodicidad, recoge Puig y Larraz en la relación de inundaciones que inserta en su "Descripción física y geológica de la provincia de Zamora" para comprobar la evidente repetición de intervalos de ciento cincuenta y uno o ciento cincuenta y dos años, con reiteración que excluye del todo la posibilidad de una coincidencia casual.

En la literatura técnica se encuentran, dispersas, abundantes referencias a posibles recurrencias periódicas del clima, y en ellas se habla incidentalmente, como uno más entre los diversos períodos presentidos, de este ciclo de ciento cincuenta y un años, y más explícitamente de uno de trescientos tres años, que correspondería a la superposición de dos de aquellos. Pero nunca se menciona una ordenación periódica, bien definida, como la que presentan las crecidas del Duero; más bien ocurre en los análisis de diverso orden publicados (espesor de los anillos de las sequías, fluctuaciones de altura de lagos, niveles máximos anuales del Nilo...), que los resultados se presentan confusos y poco concluyentes, y sin duda por esta causa han progresado poco tales estudios, tanto en su parte práctica como en la teórica, que debiera poner en claro la causa determinante de las fluctuaciones periódicas.

En particular, por lo que se refiere a las inundaciones, las conclusiones deducidas por los autores que han recopilado su historia en otros países (Brooks y Glaspoole, en Inglaterra, y Champanion, en Francia), parecen ser negativas respecto a la existencia de períodos bien definidos.

El hecho curioso de que en el río Duero se acusa la periodicidad con evidencia tan notable, se explica, por concurrir en el mismo un conjunto de circunstancias muy favorables para que se pongan de relieve las grandes perturbaciones meteorológicas, no

debidas simplemente al azar, que determinan la formación de las crecidas. Algunas de estas circunstancias son: la gran extensión de la cuenca, sus características físicas poco propicias a la formación de las crecidas; la disposición de los afluentes que da lugar a una concentración retardada con el mismo efecto de dificultar la formación de avenidas, y, sobre todo, el hecho de que las grandes riadas tienen siempre un origen muy homogéneo, pues se presentan única y exclusivamente en invierno, con grandes temporales procedentes del Atlántico, que se inician con vientos del Suroeste para acabar rozando hacia el Noroeste y que van avanzando por la cuenca en sentido contrario al curso del río, lo que también contribuye a atenuar la punta de la crecida.

Esta singularidad realza el valor de los resultados obtenidos al examinar la periodicidad patente en la recapitulación histórica de las grandes crecidas del Duero, cuyo examen a la luz de la literatura general sobre el mismo tema permite proponer, con todas las salvedades obligadas por la índole del tema, y más aún por la falta de preparación del autor, las conclusiones siguientes:

1.ª Parece innegable que los años de casi todas las grandes inundaciones se ordenan en grupos o series correspondientes, separados entre sí por intervalos de ciento cincuenta y uno o ciento cincuenta y dos años.

De estas series, la más notable por su regularidad es la que encabeza el año 1939, cuyas fechas son:

Año 1939.....	19 enero.
" 1788.....	25 febrero.
" 1636.....	4 febrero.
" 1485.....	diciembre.

No hay noticias de lluvias en 1334 (pero sí en el 44, aunque no parecen excepcionales). En cambio, podría encajar dentro de la serie el año 1182, que tal vez fuera lluvioso, puesto que en él se desbordó el Ródano. En el primer milenio carecemos de noticias de avenidas, pero volvemos a encontrar la serie en el año 181 a. de J. C., 14 períodos antes de 1939, que, según Livio, fué de grandes lluvias e inundaciones en toda España.

No aparece clara la serie que encabezaría el año 1909 (23 de diciembre), pues el año 1758, aunque lluvioso en la península, no se destaca por las riadas del Duero, y otro tanto cabría decir de 1606.

Otra gran crecida fué en 1900 (4 febrero), pues aunque el Esla subió bastante menos que en 1909, el Pisuerga, por bajo de Valladolid, alcanzó en esa fecha niveles que, desde entonces, no se han superado; en esta serie falta el segundo término, pero después aparece en 1597 (16 de enero) la gran inundación de Zamora, y tras faltar otros dos términos, se halla el año 1143, también de grandes lluvias e inundaciones.

Otra serie, en la que falta el último término, la forman:

- 1739 (5 diciembre).
- 1586
- 1435 (enero).

Muy importante es igualmente el ciclo al que pertenece el año 1860, del que se conoce:

- 1860 (30 diciembre).
- 1709 (1 enero).
- 1558 (4 junio).
-
- 1256 (3 noviembre).

Este mismo ciclo de ciento cincuenta y un años se puede encontrar en las fechas de los años secos; pero así como en las riadas se carece casi por completo de información anterior al siglo XII (pues las del VII, al igual que la de Santo Toribio, en el V, no tienen sus fechas bien determinadas), con las sequías se produce un efecto contrario, resultando mejor definidas las de años antiguos, lo que se explica porque la rudimentaria economía anterior a la Edad Moderna no disponía de paliativos para enjugar el déficit alimenticio producido por una mala cosecha que originaba un año de carestía y a veces de hambre, cuyo recuerdo quedaba imborrable.

La serie seca mejor definida, a pesar de no ser continua, es:

- 1504- 6.
- 1355.
-
-
- 899-901.
- 750- 55.
-
- 452.

Otras, sólo señaladas parcialmente, son:

- 1475; 1304; 982;
- — —
- 1172; 1000; 680;
- — —
- 870; — — —

75 a. de J. C.
224 a. de J. C.

Por lo que respecta a los inviernos de frío muy intenso, los datos son menos seguros y apenas se encuentra entre ellos algún ciclo de 151-2 años, siendo el más claro: 1831 y 29, 1679-1527, al que pertenecería también el 469.

2.ª Aun cuando su interpretación no sea clara, se

presiente la existencia de una correspondencia profunda entre las diversas series que vienen así a agruparse en un sistema coherente general, incluyendo igualmente a los años de pertinaz sequía y a los de inviernos anormalmente crudos. La relación existente entre estos diversos grupos de años anormales, que con vocablo clásico podríamos llamar *climáticos*, se manifiesta por la repetición de intervalos fijos entre las fechas de las distintas series. Así, por ejemplo, y por lo que afecta sólo a crecidas, se encuentran con gran frecuencia diferencias de diez, treinta y cincuenta años, como en los casos:

- 1586-1597 (enero) ; 1597-1636; 1435-1485;
- 1626-1636-1646; 1709-1739; 1739-1788;
- 1778-1788; 1909-1939; 1860-1909;
- 1900-1909 (dicbre.).

Estos intervalos no corresponden siempre a un sencillo paralelismo entre dos series, sino que, como se ha dicho, presentan una ordenación extraña que no es fácil interpretar.

Particularmente notable es el período de diez años que, aparte casos como los señalados, de avenidas excepcionales, se acusa también con gran frecuencia en las riadas de menor importancia.

Además de estos tres períodos, que están enlazados entre sí por un denominador común de unos diez años (y en los cuales podría incluirse el intervalo de setenta y nueve años, relativamente frecuente), se pueden adivinar otros más cortos, especialmente uno de tres años bastante bien señalado.

- 1485-1488;
- 1736-1739;
- 1909-1912;
- 1936-1939.

Al conjugarse estos intervalos discontinuos con los verdaderos períodos, dan lugar a interpretaciones equivocadas, simulando falsos ciclos.

Respecto al período secular, su duración — calculada como media ponderada de todos los intervalos que figuran en las series antes expuestas — resulta ser de $151,5 \pm 0,20$ años.

3.ª La esencia de estos años climáticos es precisamente su singularidad, y, por tanto, aquellos que los preceden o siguen no tienen por qué participar del mismo carácter. Incluso ocurre con frecuencia que un año de sequía vaya seguido de otro muy lluvioso, como 1931 y 1932, o de grandes crecidas, como 1938 y 1939. Por otra parte, hay que tener presente que los años de crecida extraordinaria caracterizados por un fortísimo temporal, no siempre coinciden con los de máximas aportaciones totales, según vemos, por ejemplo, en 1939 y 1936, e igualmente en 1485 y 1488.

Pero independientemente de la aparición de los años climatéricos, aunque paralelamente a ellos, se acusa la existencia de una tendencia general a una variación de tipo continuo, más o menos sinusoidal, en las condiciones generales del clima con el mismo período de ciento cincuenta y uno o ciento cincuenta y dos años, tendencia que se señala por la mayor o menor frecuencia de las avenidas de segundo orden.

Por otra parte, al confrontar las series de años climatéricos con las que podrían adivinarse en otras regiones del globo, parece comprobarse la existencia de desfases variables que no pueden precisarse por falta material de suficiente número de datos.

4.ª Por lo que afecta a la tan discutida dependencia entre las variaciones del clima y las de la actividad solar, puestas principalmente de manifiesto por el ritmo de las manchas y fáculas, no puede negarse que exista una correlación entre ambos fenómenos. Esta correlación es muy clara en lo que toca al ciclo secular de ciento cincuenta y uno y ciento cincuenta y dos años, que aparece en la intensidad de las manchas y en las avenidas extraordinarias con perfecto paralelismo; por el contrario, es variable la fase del ciclo de Wolf, en que se presentan los años de crecidas; mas no obstante, se aprecia una confusa correspondencia entre ambos fenómenos, como si, más que por relación de causa a efecto, estuvieran ligados entre sí por depender de una misma motivación profunda.

Nada se sabe con certeza sobre la causa primera de todos estos fenómenos, lo que significa una gravísima dificultad para la acertada interpretación de los mismos. No puede asegurarse que la causa inicial radique en el sol, o, por el contrario, tenga un origen extraño al mismo, que sólo podría ser, con visos de verosimilitud, la acción de sus planetas. Esta última hipótesis — tan sugestiva por su viejo arraigo en el espíritu humano que puede seguirse hasta el origen de la civilización — tiene todavía algunos partidarios y corresponde bien con la esencia íntima del fenómeno investigado, pero al parecer fracasa al tratar de ajustar correctamente la posición exacta de los astros en los diversos años climatéricos; de todos modos, la complejidad de la cuestión permite esperar que todavía no se hayan llevado a cabo investigaciones suficientemente extensas para decidir con completas garantías de acierto (I).

(I) Con las limitaciones que esta carencia de conocimientos impone, el autor se arriesga a manifestar su opinión en favor del influjo planetario, pues en todo el sistema cíclico del clima que se ha expuesto se siente latente una extraña afinidad con los movimientos de los astros. Esto explicaría bien la infinita variedad de las situaciones climatológicas observadas en las

Aun admitiendo que algunas de las ideas que, quizás con excesivo atrevimiento, han sido expuestas sobre la periodicidad climática, no correspondan por completo a la realidad, es indudable que la existencia de los años climatéricos constituye una objeción muy fuerte contra los métodos semejantes al de Hazen, para la fijación de la máxima crecida probable, por cuanto estos métodos se basan en el supuesto fundamental de que la probabilidad de la presentación de las avenidas es la misma en todos los años; asimismo es muy necesario tener en cuenta la influencia de estos períodos en la aparición de las avenidas para poder interpretar debidamente los datos de aforos correspondientes a un número limitado de años.

IV. - CONCLUSIONES FINALES DEL INFORME

Dando por sentada la conveniencia de aplicar el método histórico para la determinación de la avenida máxima en el Duero, parece lícito formular las conclusiones que siguen, referentes a los caudales en el tramo Villalcampo-Castro:

A partir del año 1500, las cuatro avenidas más importantes son las registradas en 1597-1739-1909 y 1939. La de 1909 se evalúa por exceso en 7 200 m.³ por segundo (pudiendo admitirse, como valor más probable, 7 000 ± 200). Parece indudable que las de 1739 y 1597 fueron del mismo orden de magnitud, si bien no es posible precisar sus caudales porque, aun cuando las alturas en Zamora son conocidas exactamente, no puede decirse lo mismo de las alcanzadas por el Esla, que sólo cabe inducir por comparación de los daños causados y por la carencia de niveles superiores a los registrados en 1909 (v. g., en el atrio de la iglesia de Villanueva). Las restantes grandes crecidas de estos siglos quedaron muy por debajo del caudal citado; así, la de 1860 alcanzó apenas los 5 000 m.³/seg.; del mismo orden fué la de 1900, y menores las demás del siglo XIX. En el XVIII, siguió en magnitud a la de 1739, la que tuvo lugar en 1709, que, en base de la marca de Retanja, puede cifrarse en unos 6 300 m.³/seg., y todavía menor fué la de 1788. Posiblemente alcanzó valores comparables a la de 1636.

series de años climatéricos, correspondiendo al extraordinario número de las posibles posiciones del sistema solar y a las perturbaciones que los astros de menor acción pueden introducir. Pero hay que advertir que todo esto no es sino una opinión — un sentimiento personal del autor —, sin base científica suficiente.

Antes del año 1500, las informaciones son menos seguras, pero parece justificada la afirmación de que ninguna de las grandes crecidas, por lo menos desde el año 1200, constituyó una catástrofe excepcional, siendo lo más verosímil que los niveles en ellas registrados en Zamora no igualaron los correspondientes a la crecida de 1860 (1).

Es evidente, por tanto, que el caudal de 7 000 metros cúbicos por segundo corresponde a una crecida de frecuencia aproximada de una vez por siglo, o tal vez algo menor, y que por otra parte apenas habrá sido rebasado en todo el período histórico. Por ello, parece prudente evaluar en 7 500 m.³/seg. el caudal máximo registrado en los últimos quinientos años.

Estos 7 500 m.³/seg. podrán corresponder a un desagüe simultáneo de 5 000 m.³/seg. procedentes del Esla, y 2 500 m.³/seg., del Duero, antes de la confluencia, o recíprocamente, 5 500 del Esla y 2 000 del Duero. Verdad es que la avenida de 1860 alcanzó, y tal vez superó en el Duero, los 3 000 m.³/seg., pero, aparte de que en la composición de las ondas de ambos ríos nunca se superponen los picos, hay que tener en cuenta que jamás se ha dado el caso de presentarse al mismo tiempo en ambas cuencas una avenida absolutamente excepcional, lo que se debe a la imposibilidad práctica de que un temporal de máxima violencia se extienda sobre la totalidad de la zona alimentadora. En apoyo de esto se pueden citar algunos ejemplos: en 1939, cuando el Esla creció tan notablemente, el Duero dió tan sólo una crecida normal; las alturas del Orbigo fueron, en 1939, menores que en 1909, mientras lo contrario ocurrió con las del Esla antes de su unión con aquél; en 1900 el conjunto de estos dos ríos (es decir, el Esla, en Ricobayo, subió bastante menos que en 1909, en tanto que el Pisuerga, aguas abajo de Valladolid, alcanzó en dicho año 1900, niveles que desde entonces no se han superado; en 1860, la inundación en Zamora fué absolutamente excepcional, pero el Esla no rebasó seguramente los 3 000 m.³/seg. Aun más acusada es la no correspondencia en el caso de los caudales de la cabecera del Duero, como se patentiza, v. gr., en

(1) En esta época, los barrios de la ciudad de Zamora, que se extienden por ambas orillas del Duero, habían alcanzado exactamente su forma actual, salvo quizás pequeños detalles en la canalización. Las iglesias de Santo Tomás, Santiago el Viejo y San Claudio de Olivares, construidas en zona inundable, contaban ya más de un siglo. Poco después, y en idénticas condiciones, se levantaban las de Santa María de la Horta, San Frontis, Las Dueñas, San Juan de las Monjas, San Leonardo, Santa Lucía y San Francisco (esta última es ya del siglo XIV). Algo semejante cabría decir de otros poblados situados en las márgenes de los ríos (Valladolid, Medina, Toro, Peleagonzalo, Villalazán, Villaralbo, Benavente, Villanueva, Santa Cristina, Santa Colomba de las Monjas...); de tal modo, que un análisis preciso y detenido de las vicisitudes que estos lugares han sufrido a causa de las inundaciones, arroja un exacto exponente de la importancia de las mismas.

la riada de 1941, que en Zamora fué relativamente baja, a pesar de que en Tudela alcanzó alturas no conocidas desde el principio del siglo. Igualmente significativa es la consideración de las grandes inundaciones históricas que nunca se han producido al mismo tiempo en los distintos poblados ribereños; así los mayores daños ocurrieron en Zamora, en 1597; en Salamanca, en 1626; en Valladolid, en 1636; en Tudela, en 1657; etc.

La influencia del embalse de Ricobayo en la atenuación del caudal máximo de la crecida del Esla, rebaja sensiblemente los caudales máximos en el Duero por bajo de la confluencia; así, v. gr., en 1939 el pico de crecida se redujo al atravesar el embalse de 5 200 m.³/seg. a 3 600 m.³/seg.; en el Duero esta reducción puede no ser tan notable, debido al retraso que el embalse introduce en el desagüe, aumentando las probabilidades de que puedan coincidir la punta del Esla con la máxima del Duero, obligando a una previsión de crecidas más cuidadosa que permitiera variar previamente parte del embalse.

A la vista de las precedentes conclusiones se aceptó, para la presa de Villalcampo, una capacidad de desagüe ligeramente superior a 8 000 m.³/seg. con el nivel normal de embalse. Sobre dicho nivel se ha dado a la presa un resguardo de 4 m., que representa un gran incremento de dicha capacidad de desagüe, con margen de seguridad muy elevado.

APENDICE

Caudales máximos anuales en m.³/seg. desde 1914, en el Esla, el Duero en el Porvenir, antes de la confluencia, y el Duero en Escala de Pino, después de la confluencia.

Años	Esla (Bretó)	Duero (Porvenir)	Duero (Puente de Pino)
1914	—	1 062 (25-II)	—
1915	—	1 140 (5-I)	—
1916	2 541 (24-XII)	1 320 (21-III)	—
1917	1 090 (16-II)	900 (28-I)	—
1918	1 215 (21-I)	400 (23-I)	1 500 (22-I)
1919	1 619 (17-II)	1 620 (19-II)	3 275 (22-II)
1920	815 (13-IV)	690 (18-III)	1 018 (19-III)
1921	355 (1-I)	690 (9-VI)	737 (1-I)
1922	1 140 (30-I)	800 (1-II)	1 710 (30-I)
1923	989 (12-IV)	750 (26-II)	1 170 (13-IV)
1924	1 100 (30-XI)	1 638 (28-III)	2 950 (28-III)
1925	2 160 (23-XII)	916 (24-XII)	2 512 (23-XII)
1926	2 500 (2-II)	1 390 (10-II)	2 950 (7-II)
1927	1 905 (24-XII)	1 770 (26-XII)	2 950 (27-XII)
1928	960 (1-III)	912 (26-III)	1 500 (27-III)
1929	1 910 (5-XII)	725 (7-XII)	2 275 (7-XII)
1930	1 510 (25-IV)	1 715 (1-V)	2 275 (2-V)

El examen del cuadro acusa algunas anomalías (aparte de las debidas al funcionamiento del embalse) que deben imputarse a los distintos orígenes de los datos empleados.

Caudales de las mayores avenidas desde 1860 a 1910, en el Duero, antes de la confluencia.

Años	Esla (Bretó)	Duero (Porvenir)	Duero (Puente de Pino)
1931	2 210 (20-III)	995 (13-III)	1 950 (21-III)
1932	2 060 (12-XII)	820 (14-XII)	2 275 (9 -XII)
1933	1 300 (4-III)	1 220 (6-III)	980 (1-II)
1934	1 335 (12-IV)	680 (13-VI)	1 170 (15-IV)
1935	2 140 (27-XII)	1 285 (30-XII)	2 512 (29-XII)
1936	2 250 (19-II)	2 130 (21-II)	3 438 (21-II)
1937	2 260 (25-I)	1 235 (11-XII)	1 805 (10-II)
1938	910 (12-XII)	805 (12-I)	1 088 (13-I)
1939	5 260 (17-I)	1 740 (20-I)	5 225 (19-I)
1940	1 645 (9-II)	1 209 (5-II)	2 050 (6-II)
1941	2 940 (22-I)	1 749 (26-I)	2 450 (28-I)
1942	910 (13-V)	765 (20-XII)	1 085 (15-V)
1943	2 760 (21-I)	758 (16-I)	1 765 (23-I)
1944	510 (4-IV)	236 (18-IV)	430 (21-XII)
1945	675 (28-XII)	452 (26-XII)	580 (27-XII)
1946	1 460 (2-V)	765 (8-V)	1 920 (3-V)
1947	2 060 (5-IV)	1 676 (7-III)	3 130 (8-III)
1948	1 420 (30-I)	1 712 (31-I)	2 980 (14-II)

FECHAS		Caudal m. ³ /s.
Año	Día- Mes	
1860	(28-XII)	2 955
1872	—	1 864
1873	(17-I)	1 860
1880	(17-II)	2 370
1881	(mayo)	2 210
1895	(27-II)	2 380
1900	(13-II)	2 098
1909	(25-XII)	2 155