

MADRID, 1.º DE FEBRERO DE 1871.

TOMO XIX.

NÚM. 3.

INUNDACIONES.

Objeto de estos artículos. — 1.º Las inundaciones son una de las calamidades á que casi periódicamente se ven sometidos los pueblos establecidos en los valles de los ríos caudalosos. Cuando sobreviene una inundación, salen á luz los infinitos sistemas propuestos para conjurar el mal, y apenas cesa el recuerdo del peligro, caen también en olvido los remedios más ó menos eficaces, y ordinariamente impracticables, que gozaron de una celebridad pasajera. Hoy, que un deshielo repentino ha sido causa de terribles avenidas en todos los ríos cuyo origen se encuentra en la cordillera pirenaica, no faltarán clamores y excitaciones al Gobierno para que intervenga, estudie y lleve á cabo obras que pongan á cubierto lo más fértil de una comarca de los desastres que á marcados intervalos se reproducen, ya en uno, ya en otro punto del territorio á riesgo de destruir muchas ilusiones, vamos á demostrar que la ciencia del Ingeniero es impotente contra aquella calamidad; pero, aunque sea dando un resultado negativo, habremos prestado un verdadero servicio, excusando investigaciones inútiles y ensayos costosos.

Por desgracia, carecemos de datos relativos á los ríos de España, y para el desarrollo de nuestras observaciones nos veremos obligados á apelar con frecuencia á los ríos de otros países, y especialmente á los de la nación vecina, donde las encontramos más numerosas y completas; el resultado final es el mismo, pues las leyes que rigen el movimiento de las aguas no varían con los tiempos ni con las localidades.

Daños que causa la inundación. — 2.º Las avenidas pueden causar daños de varias maneras: 1.ª, arrastrando la capa vegetal que contiene los elementos productivos de los terrenos; 2.ª, invadiendo las tierras colindantes con su cauce; 3.ª, derribando las cosechas; 4.ª, manchando el fruto con las materias en suspensión; 5.ª, pudriendo el tallo ó el fruto por una estancia prolongada en medio de las aguas ó en un terreno encharcado. En cambio pue-

den, á su vez, por los depósitos de las materias que llevan en suspensión, fertilizar terrenos ántes estériles.

De todos los daños, los dos primeros son los más temibles, porque las avenidas que acontecen en las épocas del desarrollo de la planta ó del fruto son muy raras; y en aquellos dos casos, es evidente que la velocidad juega el principal papel, y los destrozos originados están en relación con la violencia de la corriente.

Elemento que principalmente influye en la inundación. — 3.º La altura que toman las aguas es otro de los elementos que influyen en la magnitud de los daños causados, según sea mayor ó menor; así terrenos que estaban fuera del alcance de la inundación, pueden ser ó no cubiertos por ella, y estar sujetos á esta carga ó contribución, de que ántes se veían libres; pero no es la altura absoluta, sino la relativa sobre las avenidas ordinarias ó periódicas, lo que debe tomarse en cuenta. Todos los actos de la vida humana se arreglan por lo normal, no por lo contingente ó lo imprevisto; las moradas, los cultivos, las defensas, se disponen siempre de manera que no sean alcanzados por las inundaciones de todos los años. Cuando en el río sobreviene una crecida extraordinaria, los ribereños se forjan la ilusión de que aquella será la última, ó por lo ménos, ven muy distante la repetición del siniestro, y vuelven las cosas al mismo estado en que se hallaban ántes de verificarse la inundación. Así se observa, y se citan en las relaciones de los desastres de este género, edificios que han sido arrastrados por las aguas, y vueltos á levantar por tres y cuatro veces. No pretendemos con esto probar sea malo el partido que ordinariamente se sigue, y que convenga abandonar terrenos sujetos eventualmente á ser invadidos por las aguas; es una prima de un siniestro que paga el dueño del terreno, como le sucede con una mala cosecha, una guerra, una especulación fallida; pérdidas que ocurren en todos los negocios humanos, de los cuales no son una excepción los relativos al aprovechamiento de los terrenos contiguos á una corriente de agua. El demérito sufrido por este concepto va siempre representado en su menor valor, ó está compensado por otras venta-

jas, tales como una mayor fertilidad, facilidades mayores para el riego ó transporte, etc., etc.; ventajas que quizás den á los terrenos inundados, segun acontece con frecuencia, un mayor valor que los libres de aquella calamidad.

Las inundaciones son terribles por el carácter de eventualidad que revisten, de tal manera que, dice con razon Dupuit, si se hiciesen permanentes, nadie habria que las tuviera por una calamidad siempre inminente, como se considera tal el que los rios caudalosos ó el mar cubran perennemente inmensas extensiones de terreno robado á la agricultura.

Si las avenidas causan daños en proporcion de su altura sobre los bordes de su cauce ordinario, con la misma elevacion los daños serán mayores en las partes bajas de la cuenca, alli donde el valle presenta mayor anchura y donde comprende terrenos más extensos y más fértiles que en las partes altas. Por otra parte, las avenidas, segun luégo veremos, duran en las partes bajas más largo tiempo, el descenso de las aguas es muy lento, y permanecen estancadas durante un gran número de días. En cambio, la menor velocidad da ménos energía á la inundacion, y es más fácil oponerse á los arrastres.

No puede afirmarse que vayan creciendo de intensidad las inundaciones.—4.º Una opinion, muy seguida desde hace mucho tiempo, aunque sin aducir razon alguna en apoyo de ella, ha dado origen á incesantes debates sobre la marcha progresiva y el constante incremento que se pretende observar en la magnitud y frecuencia de las avenidas. Siempre los males presentes aparecen aumentados, y debilitado el recuerdo de los pasados, y más aún cuando no hemos sido víctimas de ellos. Careciendo de una estadística razonada sobre inundaciones, que se extienda á un periodo de más de 300 años, y para ello debemos acudir al extranjero, no hay datos suficientes en que fundar una teoria favorable ó contraria á la opinion dominante. En tiempos más remotos, una inundacion era un mal, que pasaba casi desapercibido entre los inmensos desastres causados por las guerras, las pestes y las hambres, que de una manera permanente visitaban á los pueblos de aquellas edades. Los males causados por las inundaciones no hacian mella en una sensibilidad embotada por dolores más agudos. Tambien los daños causados eran, en absoluto, ménos. La riqueza y poblacion, escasas y diseminadas, ocupaban, en general, para atender á su seguridad y defensa, los puntos elevados, léjos del alcance de las aguas, y el

atraso del cultivo que exigia un trabajo poco esmerado y un reducido empleo de capital, atenuaba la magnitud de las pérdidas.

Hoy día, la gran publicidad de que se dispone, hace conocer con los menores detalles las pérdidas sufridas, las desgracias causadas, y en vez de amornarlas, las exagera. En España no poseemos una estadística ordenada de las inundaciones de nuestros valles en épocas anteriores á este siglo. En Francia se conocen con certeza desde el siglo xvii para el Sena, en el cual hubo 11, 12 en el xviii, y 6 en la primera mitad del siglo xix. En el Ródano ha habido 11 en el siglo xviii, y 6 en el xix (primera mitad); y en el Loira, 13 en el siglo xviii, y 7 en la primera mitad del siglo xix. Vemos, pues, que no hay motivo para establecer una ley que dé como resultado una reproduccion cada vez más frecuente de las inundaciones.

En cuanto á su intensidad, Mr. Dausse hace observar que las mayores conocidas en el Sena se han verificado en el siglo xvii. En 1678 hubo una de 8^m,80 en París; pero aún es mayor la de 1615, que llegó á 9^m,14, tal que, á repetirse hoy, hubiera cubierto la plaza del Ayuntamiento con 1^m,50 de agua. En este siglo, la mayor acaecida, en 1802, ha llegado á 7^m,45; desde entónces ninguna ha alcanzado la cota de 7,0 metros.

En el Garona, la mayor de que se tiene noticia, ocurrida en 1770, ha sido de 10^m,56, en Agen. La tristemente célebre de 1855 se ha detenido en 9^m,77.

El Isera, en Grenoble, subió 5^m,10 en 1778, y sólo 3^m,80 en 1856.

El Rhin, en Colonia, se elevó 12^m,40 en 1784; en 1819 (la mayor de este siglo), sólo 8^m,0. El Loira, en Tours, alcanzó 7^m,40 en 1755, y en 1856 7^m,25. Podiéramos citar otros muchos rios más ó ménos célebres por sus inundaciones, como el Newa, el Tarn, etc., á los cuales corresponde siempre la mayor crecida en los siglos pasados.

Pero aún cuando haya una marcha ascendente en la altura de las crecidas, ¿puede afirmarse que su intensidad ó el volúmen de agua que arrastran, ya en absoluto, ya en un tiempo dado, sea hoy mayor que en otros tiempos? Sabemos que la altura del agua en un rio no depende sólo del volúmen, sino de la pendiente; y más aún de la forma y dimensiones del cauce; pues bien, ¿puede afirmarse exista hoy un solo rio de Europa cuyo cauce haya permanecido invariable desde su origen hasta la desembocadura? Ademas de los cambios naturales que el mismo rio origina, ¿no hay otros en mayor escala,

debidos á la mano del hombre? Los terrenos sustraídos al cauce para aprovecharlos en el cultivo; el establecimiento de vías de comunicacion en los valles de los rios, las presas para los riegos y artefactos de la industria, ¿no han variado radicalmente las condiciones del cauce, y siempre en el sentido que conviene á una altura mayor en el nivel de las aguas? Y así se observa en algunos rios esta constante subida del nivel, especialmente en aquellos en los cuales (como sucede en el Pó), el encauzamiento se ha erigido en sistema. Esta elevacion es con frecuencia aparente; en el citado rio, la elevacion del fondo en las partes medias ó bajas de los valles, debido á los acarreo que el rio arrastra, produce tambien una subida aparente de las aguas, aunque real, respecto de los lugares habitados que han permanecido invariables.

Las sequias tampoco son hoy más intensas que en las épocas anteriores; y aunque por algunos se haya pretendido que en ciertas cuencas ha disminuido algo la cantidad de lluvia anual, esta reduccion, si realmente existe, es sobre las lluvias de invierno, que provienen del deshielo de las nieves.

Elementos que influyen en la intensidad de una inundacion. — Cantidad de agua que recorre la cuenca. — 5.º Examinemos cuáles son los elementos que influyen en las crecidas de un rio, y fijémonos en un punto de su curso para estudiar la marcha. Es evidente que el primero que debemos tomar en cuenta es el volumen de agua que recorre la cuenca del rio, aguas arriba del punto en que nos estacionamos.

El agua que cae anualmente en una cuenca es un dato que no interesa esencialmente en la cuestion de las inundaciones; la misma altura anual media de lluvia, ó una menor, está en general repartida de muy distinta manera en todo el año. Lo que nos interesa conocer es la cantidad de agua que puede caer durante una lluvia, ó más bien el periodo máximo de ella; pues ésta, más que la masa total, influye directamente en la magnitud de la crecida.

Absorcion de los terrenos que forman la cuenca. — 6.º No toda el agua que cae en la cuenca, aguas arriba del punto en que estacionamos para observar la crecida, va al cauce natural del rio y de sus afluentes; el agua se divide en varias partes, una de las cuales se filtra al traves de los terrenos, subdividiéndose, á su vez, en tres porciones; la una es absorbida por las tierras y retenida por la capilaridad; otra corre lentamente al traves de la capa superficial de los terrenos, y por último, la que por cana-

les más ó ménos sinuosos va á alimentar las corrientes subterráneas, de las cuales unas salen á la superficie en forma de manantiales ó fuentes artesianas, y otras van á parar á otras cuencas, al mar, ó se pierden en el interior de la tierra.

Ésta es la masa de mayor importancia, robada á la inundacion, y varia segun los terrenos que atraviesa, siendo nula en rocas plutónicas, muy pequeña en terrenos liásicos y formaciones análogas, y casi total en las formaciones oolíticas y en los terrenos de acarreo. Pero aún en los terrenos de la misma clase es distinta, segun la pendiente trasversal y longitudinal del valle, segun el género de cultivo, y otras condiciones diversas, que más tarde tendremos en cuenta.

Pero, sin salir del mismo terreno, habrá circunstancias accidentales que lo hagan más absorbente en unos casos que en otros; así, cuando el terreno está impregnado de agua por lluvias anteriores, la absorcion apenas se hará sentir, por más permeable que aquel sea en circunstancias normales.

Vemos, pues, que no es posible fijar el poder absorbente de una cuenca, aún conocidos los elementos que la constituyen, por cuyo motivo los experimentos y observaciones encaminadas á dilucidar este punto no son aplicables á la cuestion que examinamos. Esto mismo resulta de los experimentos de Dalton, Dickinson y Charnok con tierra vegetal, en los cuales, la cantidad absorbida variaba desde $\frac{1}{7}$ á $\frac{3}{5}$ para las mismas tierras.

Prescindiendo de los elementos de perturbacion que tan radicalmente modifican los resultados generales, se ha determinado el poder absorbente de las cuencas para algunos rios. M. Belgrand calcula para la cuenca del Sena, compuesta en su mayor parte de terrenos de formacion oolítica, una absorcion de más del 70 por 100; y el Adda, afluente del Pó, cuyo valle lo componen en general terrenos primitivos, no absorbe casi nada de la lluvia anual. Vallés fija las siguientes relaciones de la absorcion de las cuencas á la lluvia caída, tomada por unidad:

Sena.. . . .	0,72
Garona.. . . .	0,48
Pó.	0,36

Agua sustraída por la evaporacion, vegetacion, etc. — 7.º No es el agua absorbida por los terrenos la única que se sustrae á la inundacion; la vegetacion absorbe para su alimento, durante ella, una cantidad despreciable, considerado el corto tiempo que dura la crecida; esta absorcion la evalúa

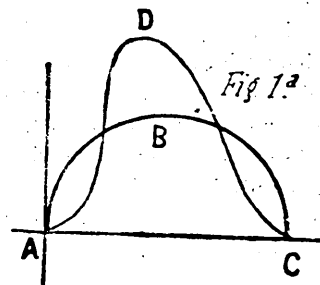
Vallés en una capa de 0,4 á 0,6 milímetros de altura por día, como límite superior. Otro tanto podemos decir de la retenida por las hojas y ramas.

Otra parte del agua que cae es evaporada y vuelve á la atmósfera; tampoco merece tomarse en cuenta su influencia en la inundacion, pues durante las grandes lluvias la evaporacion es muy débil, por estar el aire saturado de humedad. La masa de agua evaporada varia con las condiciones permanentes y accidentales de la localidad, y se divide en dos partes: una que se evapora de los cauces, cuya reducida seccion, con relacion al ancho de la cuenca, hace despreciable su influencia. Tambien es menor la fuerza de la evaporacion en el cauce que sobre la superficie mojada de un cuerpo sólido. La evaporacion en el resto de la cuenca, aunque mayor, desaparece ante la masa de agua que cae durante una de las grandes lluvias, causa de la inundacion. Suponiendo que la evaporacion anual se efectúe de una manera uniforme (hipótesis inadmisible y desfavorable en gran manera para el cálculo que aquí hace Vallés), deduce que la evaporacion por día es para la Francia de 0,3 milímetros, cantidad insignificante en los pocos días que dura la inundacion.

Resulta, pues, en definitiva, que la absorcion del terreno, y la mayor ó menor permeabilidad producida por la naturaleza de sus capas y sus condiciones topográficas, es el elemento de mayor influencia para atenuar la violencia de las inundaciones.

Influencia de la distribucion del agua que corre por la superficie de la cuenca.—8.º La masa de agua que corre por la cuenca de un rio en una avenida, nada nos dice de su intensidad, si no la referimos á la unidad de tiempo; una gran cantidad de agua, repartida en un largo período, no es causa de inundacion. Esto lo vemos que sucede en los países lluviosos durante el invierno; pero al referirla á la unidad de tiempo, no debemos tomar el término medio; la misma cantidad de lluvia, caída en el mismo tiempo, puede influir de distinta manera en la inundacion. Tracemos la curva de la lluvia que da origen á la crecida, tomando los tiempos por abscisas y la cantidad de lluvia por ordenadas; suponiendo, para fijar las ideas, que el terreno no deja correr el agua hasta que se ha saturado por completo, y trazando igualmente la curva de los volúmenes, que por unidad de tiempo llegan al cauce, se ve en la figura primera que la inundacion será más temible en la lluvia, representada por la curva A, D, C, que si lo está por la curva A, B, C, (figu-

ra 1.ª) aunque el agua caída en ambas sea próxima



mente la misma. En esto sólo tomamos en cuenta el volúmen caído en cada instante por unidad de tiempo, que, como veremos, es sólo un elemento entre otros varios, más influyentes, si cabe, que él.

De aquí se deduce que, siendo la extension de la cuenca uno de los datos de los que depende el volúmen de agua total de agua que recibe, cuanto mayor sea aquélla tambien en igualdad de circunstancias, la inundacion será mayor. Así se observa generalmente que, á medida que en una cuenca nos acercamos más al mar, es mayor la inundacion. Hay, sin embargo, algunos elementos que tienden á atenuar este resultado: 1.º, cuanto mayor sea la cuenca, es tambien más difícil que la lluvia caiga sobre toda su extension á la vez, lo que reduce la superficie de la cuenca y la masa de agua; 2.º, el cauce llamado *menor* presenta más desagüe, pues aunque su pendiente longitudinal sea en general más pequeña en las partes bajas, y mayor el perímetro mojado del cauce *mayor*, el área, que es lo más influyente en el desagüe, es mayor en las partes bajas; 3.º, el agua que cae en la cuenca llega, por lo general, sucesivamente, y no toda á la vez, y se repartirá en un tiempo tanto mayor, cuanto mayor sea tambien el espacio que deba recorrer para llegar al cauce. Sólo cuando el régimen de la lluvia se ha establecido, y ésta se haga persistente en toda la cuenca á la vez, llegará al rio en cada unidad de tiempo la misma cantidad de agua, que será exactamente la llovida en la cuenca, aguas arriba del punto en que nos suponemos situados; y la crecida, para una lluvia dada, alcanza entónces su máxima intensidad. Si la lluvia sólo se hace permanente en una parte de la cuenca, la crecida alcanza el máximo correspondiente á la cantidad de lluvia que corresponde á la extension en que ha llovido, con relacion á la totalidad de la cuenca, y el nivel se hace estacionario en el rio, pero no será el mayor que pudiera

tomar con relacion á una lluvia de intensidad determinada.

Aunque las crecidas presentan esta especie de esto ó de invariabilidad de nivel durante un período más ó menos largo, no debe atribuirse generalmente á haberse hecho permanente la lluvia; la causa es la misma que produce en muchas crecidas un descenso parcial, seguido de una nueva subida, ó de varias, ántes de descender definitivamente.

Las lluvias no conservan el carácter de invariabilidad y de constancia que se requeriría para llegar á la permanencia en el régimen, sino que arrecian más ó menos, cesan totalmente para volver á empezar, y estas intermitencias serán tanto mayores cuanto más dure la lluvia, é influirán tanto más en las oscilaciones del nivel de la crecida.

Marcha de la inundacion. — Cuencas sin

afuentes.—9.º Examinemos la marcha de la inundacion, y principiemos por una cuenca única, sin ningun afluente. El agua que cae sobre ella principará por ser absorbida en más ó ménos cantidad, segun el estado de permeabilidad del terreno, y la crecida se hará sentir muy débilmente; pero si la lluvia continúa, ya la crecida se hará sensible, y tanto más pronto, cuanto mayor sea el grado de permeabilidad de la cuenca. Si la lluvia se hace persistente, el rio continuará subiendo hasta llegar á tomar un nivel que corresponda al régimen de aquella lluvia, y de él no pasará mientras la intensidad de la lluvia no aumente. Si la lluvia cesa, el descenso principia, más rápido en las partes altas del rio, y más lento á medida que nos separamos del origen.

(Se continuará.)

DISTRIBUCION DEL PERSONAL DEL CUERPO

DE

INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS,

EN ENERO DE 1871.

JUNTA CONSULTIVA.

Presidente.

Excmo. Sr. D. Francisco Barra, Inspector general de 1.ª clase.

Vocales.

Todos los demas Inspectores generales de 1.ª y 2.ª clase.

Secretario general.

Sr. D. Rafael Lopez, Ingeniero Jefe de 1.ª clase.

Ingenieros destinados á la secretaría.

Sr. D. Manuel Riaño, Ingeniero Jefe de 2.ª clase.

Sr. D. Inocencio Gomez Roldan, id. id.

SECCIONES.

1.ª—ASUNTOS GENERALES Y CONSTRUCCIONES CIVILES.

Presidente.

Excmo. Sr. D. Francisco Barra, Inspector general de 1.ª clase.

Vocales.

Sr. D. Secundino Fernandez de la Pelilla, id. de 2.ª clase.

Sr. D. Cipriano Martinez de Velasco, id. id.

Sr. D. Constantino German, id. id.

Sr. D. José Subercase, id. id.

Ilmo. Sr. D. Joaquin Nuñez de Prado, id. id.

Sr. D. Andres de Mendizábal, id. id.

Sr. D. Víctor Martí, id. id.

Sr. D. Francisco La-Gasca, id. id.

2.ª—CARRETERAS.

Presidente.

Ilmo. Sr. D. José María de Aguirre, Inspector general de 1.ª clase.

Vocales.—1.ª Subdivision.

Sr. D. Antonio Lopez Montalvo, Inspector general de 2.ª clase.

Sr. D. Martín Recarte, id. id.

Sr. D. Juan Moreno Rocafull, id. id.

2.ª Subdivision.

Sr. D. Secundino Fernandez de la Pelilla, id. id.

Sr. D. Marcelo Sanchez Movellan, id. id.

Sr. D. Pedro Celestino Espinosa, id. id.

Sr. D. Francisco La-Gasca.