

## GUERRA AÉREA

**La Aviación y las inundaciones**

Por el ingeniero jefe Rougeron

(De la «Revue des Forces Aeriennes», noviembre 1933)

ES frecuente que al tratar del papel que la Aviación jugará en las guerras futuras, se recuerde en primer lugar el fuego, pero rara vez el agua. La inundación es, sin embargo, una calamidad de tanta monta como el incendio. El fuego hará emigrar rápidamente a los ciudadanos de las grandes urbes y lo mismo conseguirán, aunque con menor rapidez, los gases asfixiantes, pero la inundación hará inhabitables los campos.

La inundación de que se trata no es la inundación pasajera que se provocaría por ejemplo en un valle por la rotura de un pantano, sino que lo que aquí expondremos será la inmersión duradera o permanente de grandes extensiones de terreno. Esto exige que los terrenos en cuestión sean ya zonas litorales de menor nivel que el de las mareas altas, ya valles en los cuales el lecho del río haya sido progresivamente agotado por cierre de sus afluentes con diques de nivel superior a la planicie de la cuenca.

Pocas regiones se prestan a esta inmersión en gran escala. Por lo que se refiere a la Europa Occidental, las más conocidas son los Países Bajos, inundables por el mar, y la región del Norte de Italia, amenazada por varias corrientes fluviales, entre las cuales el Po es la más importante. En Francia no tenemos mucho por qué temer este procedimiento de destrucción, pues tan sólo interesa a unos cientos de hectáreas de nuestras costas occidentales.

La destrucción de un dique por medio de bombas explosivas no presenta dificultad alguna. Un dique o levantamiento de tierra no es preciso que tenga un gran espesor para resistir a la presión relativamente débil que tiene que soportar correspondiente a unos metros de agua. Aplicando la fórmula [1] del «hornillo de mina usual para la demolición», admitido por la ingeniería militar, se ve que 432 kilogramos de trinita son suficientes para producir un embudo de 12 metros de diámetro, que es lo que se puede esperar de la bomba de 800 kilogramos.

Esta fórmula no se aplica más que al efecto sobre un terreno horizontal de grandes dimensiones en comparación con las del embudo. Evidentemente, el efecto es mucho más considerable sobre un dique.

Es muy posible que las experiencias hechas en este caso fuesen de todo punto incompletas para el aviador, pues mientras el zapador minador puede disponer su carga en el eje del dique, el aviador se ve obligado a intentar la destrucción con golpes ligeramente descentrados.

Además, el efecto máximo no viene dado por el «hornillo ordinario», que por sus efectos exteriores es muy apropiado para la destrucción de una carretera o de una organización fortificada. En nuestro caso basta desorganizar suficientemente el terreno para que el agua pueda abrirse un camino. Conviene por lo tanto utilizar, por medio de una espoleta muy retardada, toda la potencia de penetración de la bomba.

Tan sólo la experiencia nos podrá suministrar cifras exactas. De momento admitiremos que el resultado buscado será obte-

nido por una bomba de 800 kilogramos cayendo en una zona de 12 metros a un lado o a otro del dique.

¿Cuál será la intensidad de bombardeo necesaria? El objetivo no es un punto, es una línea en la cual el punto de impacto es indiferente. Con una zona peligrosa de 12 metros por bomba bastarían 12 bombas para hacer blanco, bombardeando desde una altura mediana. Estas bombas podrían ser llevadas por una escuadrilla de bombardeo. Pero el resultado es lo bastante importante y la operación no tan costosa que sea preciso escatimar medios, y dos o tres escuadrillas operando a la altura de su techo práctico resolverían por completo el problema. Es la operación típica para encomendar al bombardeo nocturno, pues pocos objetivos se destacan con la nitidez de un gran río.

Desde que se habla de bombardeo aéreo se recuerda constantemente la fragilidad de las instalaciones eléctricas, centrales térmicas o hidráulicas, postes transformadores. Se dice: si suprimís la luz, la fuerza motriz y la mayoría de los medios de transporte de una gran aglomeración industrial, transformaréis un elemento esencial de potencia militar en un peligroso agrupamiento de bocas inútiles.

Sin embargo, en una región que depende en gran parte de la fuerza hidráulica, los efectos de la destrucción de los pantanos son todavía más graves. Las averías mecánicas se reparan, desde luego, con bastante facilidad, y quizás no es más que una ilusión la fragilidad de los grandes alternadores bajo los efectos de la explosión y la dificultad de establecer los servicios de socorro en las redes densas; pero la construcción de un pantano no es ciertamente una operación tan rápida. En las vastas regiones montañosas la destrucción de todos los pantanos significaría la paralización de la vida industrial por un período de varios años.

Pero sean las que sean las modalidades de la guerra aérea en general, hay que dar por descontada la paralización casi total de la vida industrial de los países beligerantes. Por una y otra parte, adaptarán la marcha de la guerra a la nueva situación del mismo modo que en 1914 los beligerantes se adaptaron a los bombardeos de la artillería pesada. El fin de la lucha exigirá un mayor grado de destrucción.

En consecuencia, el interés militar de la destrucción de los pantanos reside más bien en los destrozos causados por la masa de agua desencadenada sobre los valles que en la simple paralización de las centrales eléctricas. Las recientes roturas de grandes pantanos, como el de Pérégaux, en Argelia, en 1927, y el de San Francisco de California, en 1928, han puesto en evidencia la importancia de este medio de destrucción.

La rotura fortuita ocurrida en el pantano de San Francisco causó en el valle de Santa Clara pérdidas por valor de 500 millones. Sin embargo, el embalse no era superior a 47 millones de metros cúbicos; al paso del río no se encontraba ninguna ciudad de consideración y desde el pantano al mar no había más que 80 kilómetros.

Desde el punto de vista particular de las operaciones militares sobre un frente terrestre, uno de los efectos más inmediatamente sensibles será la destrucción completa de las comunicaciones de todas clases (carreteras, vías férreas, etc.) en el valle en cuestión; destrucción de consecuencias incalculables en ciertos frentes tanto para uno como otro adversarios.

[1]  $c = gh$ ; donde  $c$ , es el peso de la carga en kgs.,  $h$  el valor común en metros del radio del embudo y de la profundidad de la carga, y  $g$  un coeficiente que se acerca a 2 en las tierras medias.

En periodos de crecida, la rotura de los grandes pantanos de reserva sumergirá y destruirá los diques, con una extensión que sobrepasará con mucho a la simple brecha que provocaría el empleo directo de los explosivos sobre dichos diques. No obstante, este punto es de poca importancia para las operaciones militares de poca duración.

Pero la inundación de vastas llanuras queda naturalmente subordinada a la existencia de cursos de agua cuyo lecho esté artificialmente elevado. Esta operación ejecutada en nuestros valles alpestres no tendría resultado más que en las cañadas secundarias; el valle del Rhône quedaría al abrigo de sus efectos.

Los pantanos más interesantes son los depósitos reguladores destinados a controlar el gasto a lo largo de un periodo anual, en beneficio de las centrales hidroeléctricas tributarias del río. La aplicación de estos pantanos es reciente y el embalse de los mismos es enorme.

Ahora bien, la resistencia a la destrucción es naturalmente muy distinta, según el tipo de construcción del pantano. Los grandes pantanos con presa recta presentan una imponente masa de mampostería (en algunos casos 60 metros de altura y 50 ó 60 de espesor en la base), pero los pantanos con presa en arco, sobre todo si son fraccionarios, tienen un espesor bastante modesto.

Los menos importantes de éstos pantanos presentarían una resistencia considerable a la destrucción por la bomba o por la artillería si se les atacase por la obra de fábrica o por el coronamiento, pero en cambio, no resistirían a la sobrepresión causada por la explosión en el agua de una bomba de carga elevada.

La fórmula del general Moisson [1], admitida corrientemente para las explosiones submarinas, permite calcular la sobrepresión que la explosión provocará sobre la obra de fábrica. Una bomba de 500 kilogramos cargada con 300 de trilita, produciría una sobrepresión de 138 kilogramos por centímetro cuadrado, o sea, unas diez y siete veces la presión de servicio en la base de algunas presas. Es con seguridad suficiente para provocar la rotura, pues, en general, el coeficiente de seguridad de los pantanos no pasa de diez [2] en la mayoría de los casos.

En los embalses con presa de tipo recto no conviene ser tan optimista acerca de los efectos de la explosión y comparar sencillamente el coeficiente de seguridad y el valor relativo de la sobrepresión. Seguramente su coeficiente de seguridad es muy inferior al de las presas en arco, no pasa de dos, y a la situación de una presa sometida a una presión unas veintidós veces más elevada que la presión de servicio (y esto sobre una superficie de varios centenares de metros cuadrados) parecerá bastante inquietante, y, sin embargo, es muy posible que el efecto de esta sobrecarga se limite a la producción de fisuras, a una dislocación parcial y a algunas fugas que comprometerán a la larga la integridad de la fábrica, pero sin implicar su destrucción inmediata.

Pero afortunadamente no es necesario atacar la obra con una explosión al fondo de la presa, sino que, una explosión verificada al tercio de la profundidad contada a partir de la superficie, produciría sin duda la rotura de la parte superior y el efecto inmediato conseguido no será en absoluto disminuido en razón de

[1] Esta fórmula  $P = \frac{m \sqrt{c}}{r}$  relaciona la carga  $c$  en kilogramos y la presión  $P$  en kilogramos por centímetro cuadrado sobre un punto a la distancia  $r$ , en centímetros, del centro de explosión. El coeficiente  $m$  es en el caso de la trilita 1600 en promedio.

[2] En el caso particular de las presas en arco fraccionadas se obtendría un resultado mucho más seguro atacando la presa aguas arriba por el embalse intermedio, lo cual ejercería sobre el arco un esfuerzo de tracción.

la concavidad general de la cuenca de embalse [1], y el efecto del desagüe sobre la parte del muro aguas abajo, acabaría probablemente la destrucción.

Por último, la bomba de 500 kilogramos está muy lejos de agotar las posibilidades inmediatas; no depende más que de nosotros el sustituirla por la de dos toneladas, y el campo de acción de este empleo táctico de la fuerza aérea es tal, que por sí solo justificaría el estudio de aviones especiales de gran tonelaje.

En las regiones ricas en recursos hidráulicos la operación puede ser realizada de tal forma, que se multiplique el efecto. Si las presas son destruidas en las cañadas secundarias en momentos exactamente calculados para que las aguas se presenten al mismo tiempo en la confluencia, el efecto instantáneo aumenta aunque con el detrimento de su duración. En una escala muy diferente, todos los parisinos conocen la importuna coincidencia de la crecida del *Grand Morin* y de otro afluente del *Sena*.

Ahora bien, el grado de precisión exigido para esta rotura sincronizada de los pantanos, es de todo punto compatible con las necesidades de una operación militar. La velocidad de la masa de agua no es muy elevada; en el caso del pantano de San Francisco fueron necesarias tres horas para que las aguas llegasen al mar, situado a 80 kilómetros de distancia.

La previsión del fenómeno no presenta dificultad alguna. La leyenda quiere que Aristóteles, no pudiendo explicar las complejas corrientes del Euripo y del canal de Atalante, invadido por la pena se haya suicidado ahogándose. Más tarde, sus sucesores, que nunca dudaron del valor militar de su obra, han agotado el estudio teórico y experimental de todos estos fenómenos.

La preparación técnica de todas estas destrucciones es extremadamente sencilla; una bomba de 500 kilogramos provista de una espoleta doble de funcionamiento hidrostático, reglable y de percusión diferida, debe bastar para todos los casos.

El problema táctico de la destrucción ofrece una interesante particularidad, y ésta es su rendimiento notablemente elevado si se le compara con el de la rotura de un dique por ataque directo.

El cálculo precedente supone que la bomba explota a menos de 20 metros de la presa. Admitamos esta condición, aunque pudiera suceder que no fuese necesaria. En todo caso, esta condición no exige que la superficie del agua sea atacada a menos de 20 metros de la presa, si el avión lanza su bomba haciendo una ruta normal a la dirección general de la presa. Si se admite que la trayectoria en el agua es la prolongación de la que sigue la bomba en el aire y que el lanzamiento sea hecho desde un avión que marcha a 240 kilómetros por hora (y mejor en vuelo descendente), la componente horizontal de la velocidad de la bomba es de 67 metros por segundo. Su componente vertical es de 221 metros por segundo si el lanzamiento se hace a 2.500 metros de altura, y de 171 metros por segundo si la altura es de 1.500 metros.

La precisión es de hecho todavía menor. Cuando una bomba llega siguiendo una trayectoria oblicua respecto a la superficie del agua, la ataca por la ojiva y la reacción hace pivotar al proyectil aproximando su trayectoria a la horizontal; el fenómeno llega hasta el rebote en el caso de un proyectil que ataque a la superficie del agua bajo un ángulo muy pequeño.

Con este método de lanzamiento todos los tiros harían probablemente blanco desde una altura de 2.500 metros, y con toda seguridad, desde 2.000 metros.

[1] Tanto es así, que en cierta presa que conocemos una brecha de 15 metros de altura a un nivel de 61 metros liberaría 32 millones de metros cúbicos (el embalse total es de 54 millones).