

## MEDITACIONES SOBRE LA CATASTROFE DEL VAIONT

*Conferencia pronunciada, el día 24 de abril de 1964, en el Centro de Estudios Hidrográficos de la Dirección General de Obras Hidráulicas*

Por JOSE M.<sup>a</sup> VALDES Y DIAZ-CANEJA

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Presidente de la Asesoría Geológica de Obras Públicas.

*Se transcribe a continuación la conferencia que el autor pronunció el día 24 de abril último, en el Centro de Estudios Hidrográficos, de la Dirección General de Obras Hidráulicas, sobre el tema mencionado. La reseña de aquella catástrofe se hace más viva con el recuerdo de una visita anterior a la presa y con los jugosos comentarios sobre una serie de interesantísimas fotografías obtenidas en distintas épocas. Del estudio conjunto deduce el conferenciante consecuencias trascendentes en cuanto al conocimiento previo del terreno y a la armónica relación entre las fases de una obra. En el índice de meditaciones que el caso sugiere, se destaca la que desarrolla estudiando, con carácter general, el tema de las responsabilidades, la del futuro destino del cegado embalse y la que significa esperanza de que esta era de transición que vivimos sea prólogo de un porvenir brillante*

### I. Prólogo.

Han transcurrido varios meses desde que la catástrofe del Vaiont tiñó de luto los alegres cielos de Italia y sus ecos, saltando vertiginosamente todas las fronteras, resonaron con fuerza en el corazón y en la conciencia de quienes sentimos como propias las desgracias de los demás.

Muy singularmente, tuvo aquel hecho fortísima repercusión en el campo profesional y todos los que, de más cerca o de más lejos, estamos dedicados al problema hidráulico o al geológico, nos hemos sentido directamente afectados por un suceso que desborda los linderos de la escala normal y aparece con insólitas características.

En el tiempo transcurrido, desde aquel fatídico 9 de octubre, se ha completado, hasta cierto punto, la información, se han depurado noticias y datos, se ha serenado el juicio y, sin embargo, quizá es aún pronto para elaborar una historia crítica, bien fundamentada, de lo ocurrido y, sobre todo, para formular conclusiones definitivas.

Pero no es el silencio el mejor aliado de la verdad. Creemos más prudente ir desbrozando el camino, asentar, con la exactitud posible, las bases comprobadas del suceso, con datos numéricos contrastados, dibujar las líneas generales del panorama y plantear los términos del problema en forma objetiva, procurando no ir más allá de lo que pueda razonablemente esperarse que no tenga rectificación.

Por otra parte, demorar más cualquier estudio de este caso, significaría quizás aplazar con exceso la ocasión que los desastres históricos prestan, de vez en vez a la enseñanza de la vida profesional.

El haber conseguido disponer de unas interesantes fotografías, de toda solvencia, que muestran, con bastante detalle, el proceso de lo ocurrido, es uno de los motivos determinantes para la redacción del presente trabajo, cuya línea principal será el comentario sobre los citados documentos gráficos, bien expresivos, y deducir de su examen algunas consecuencias, que quizá puedan contribuir a conocer mejor el desarrollo del lamentable acontecimiento.

## II. Ligera reseña de la obra.

El valle del Vaiont se desarrolla en el ámbito de rocas secundarias, cretácicas y jurásicas, con un gran predominio del material calcáreo. La garganta del estrecho propiamente dicho, se abre en una gran formación del Dogger, Jurásico medio, en bancos casi horizontales, de regular potencia y muy tectomizados.

Inferiormente, en el substratum de toda la zona, se encuentra el Lías, en bancos delgados de caliza gris, alternando con capas de marga rojiza.

Por encima, en cambio, predominan las formaciones titónicas del Jura superior, con estratos de muy poca potencia, rojizos y blancos, hojosos, entre los que abundan intercalaciones arcillosas.

En todos estos terrenos, se acusan destacados efectos de disolución, que producen oquedades, despegues de estratos y, en junto, condiciones propicias a la degradación de la roca.

Sobre los tramos jurásicos, en la parte más alta de la ladera, aparecen los cretácicos; el inferior, con estratos blancos de roca caliza y el superior, representado por el tramo senonense, con bancos de margas que alternan con otros de caliza rojiza.

Todas estas formaciones abundan en materiales arcillosos, ya en entrelechos, ya rellenando, total o parcialmente, grietas y diaclasas que rompen la continuidad de la roca y crean en ella circunstancias propicias al deslizamiento relativo.

Hay que agregar a tal carácter, la facilidad que presenta el terreno para la imbibición, a través de las grietas y fisuras originadas por los esfuerzos tectónicos, o por acciones mecánicas independientes, y también como último resultado del proceso de disolución de las arcillas, margas y calizas que integran el conjunto.

En representación de los terrenos modernos, se encuentran los restos de morrenas glaciares que después, en los corrimientos, aparecieron mezclados, con profusión, entre los derrubios procedentes de formaciones antiguas.

En un trabajo anterior, escrito a los pocos días de haber ocurrido la catástrofe del Vaiont (1), dimos una primera referencia del suceso, con los datos numéricos que en aquella fecha se pudieron reunir, y expusimos algunas consideraciones que llevaban a resultados no improvisados, no nuevos, puesto que nos confirmaban en teorías y enseñanzas mantenidas desde hace muchos años.

Aunque no vamos a repetir aquí datos y cifras ya conocidos, ni relatos plurales que no alteran la esencia del problema, sí parece conveniente recordar algunos números, algunas características que sirvan de rápidas pinceladas como bosquejo del cuadro, para fijar los términos del caso y su ambiente inicial.

Se trata, como es sabido, de una presa bóveda de 262 metros de altura, que forma parte del sistema hidroeléctrico del río Piave, perteneciente a la Sociedad Adriática de Electricidad. La garganta del torrente Vaiont, afluente de aquel río, por su margen izquierda, es una escotadura impresionante, por la que el torrente se despeña y que se quiso aprovechar como lugar adecuado para crear un embalse de cierre económico, que habría de realizarse con una presa de gran altura, ya que, aun así, el vaso que se consiguiera no disponía de amplias dimensiones horizontales.

La mencionada abertura, en la que se encaja la gran presa, tiene disposición algo irregular que obligó a cierta disimetría en la obra, hábilmente compensada, apareciendo todo aquel conjunto montañoso cruzado por sistemas de planos de fractura que determinan la existencia de grandes bloques interdependientes.

El proyecto y el cálculo de la presa se realizaron con gran meticulosidad, poniendo en ello la ciencia de los mejores ingenieros italianos y la experiencia de los más acreditados laboratorios.

Sucesivamente, se fueron comprobando diversos modelos, que comenzaron con altura de 190 metros, en un estudio efectuado en 1940, para ir incrementándose después aquella, hasta que en 1957, se aceptó la sección definitiva, ya con la altura actual de 262 metros.

Al alcanzar a la cota que corresponde a esa altura, el vaso que la presa cerraba resultaba excesivo para la posible aportación de agua de la cuenca propia del torrente Vaiont, que allí sólo mide 62 kilómetros cuadrados y, por otra parte, la conducción de agua procedente del embalse de Pieve di Cadore, en el río Piave, pieza esencial del complejo hidroeléctrico, cruza aquel torrente a cota mucho más baja que la de máximo embalse así originado; todo lo cual motivó que para obtener el mejor rendimiento de este último, se recurriera a dotarlo con nuevas aportaciones de agua, las de los torrentes Mae y Boite, afluentes del Piave por su margen derecha.

Fueron también estas obras de gran envergadura, baste advertir, que para lograr un embalse de 10 millones de metros cúbicos en el Mae, se construyó en 1956 la presa bóveda de Pontesei, de 93 metros de altura y que en el arroyo Boite se obtuvo un embalse de solamente un millón y medio de metros cúbicos con la presa bóveda de Vodo, de 42 metros, construída en 1960.

La presa del Vaiont se construyó entre los años 1957 y 1960, y, aparte de su altura, es de gran interés señalar que el muro tiene un espesor mínimo de 3,40 m. y un máximo de 22,11 m., mientras el desarrollo de la coronación mide 190 m. y su cuerda 158 m.

El volumen útil conseguido en el embalse era de unos 150 millones de metros cúbicos.

Aspecto muy importante en todas las presas de embalse, es el de conocer los medios de que están dotadas para evacuar las aguas de las crecidas.

La presa del Vaiont, para tales efectos, dispone de los elementos siguientes:

Un vertedero de superficie, sobre la coronación de la presa, formado por 16 va-

---

(1) Lecciones de una gran tragedia. "Diario Ya" de los días 1 y 3 de noviembre de 1963.

nos de lámina libre, de 6,60 m. de luz cada uno; un puente sobre este vertedero mata la presa, cuya coronación queda así 3 metros por encima de la máxima cota de embalse. Por ese vertedero, con la altura de 1,60 m., para la lámina de agua, puede evacuar un caudal de 355 metros cúbicos por segundo.

El desagüe de fondo, situado en la ladera izquierda, con la solera de su compuerta a 51 metros de altura sobre la base de la presa, puede evacuar 80 metros cúbicos por segundo, a plena carga.

Dos desagües intermedios, a distintas alturas, provistos cada uno de dos compuertas, son capaces, con máximo embalse, para caudales de 132 y 69 metros cúbicos por segundo, respectivamente.

Todo ello, además de las tomas de agua para la central hidroeléctrica.

La presa está, pues, bien dotada de mecanismos de desagüe para un embalse de sus características.

Prescindiendo del vertedero de superficie que, en el momento en que el embalse desciende 1,60 metros, desde su máximo, ya no puede funcionar, los tres desagües de carga mencionados suman una capacidad máxima de evacuación de 280 metros cúbicos por segundo, lo que significa una posibilidad de aligeramiento máximo del embalse de unos 24 millones de metros cúbicos en un día.

Como nota típica de esta presa de altura extraordinaria, anotaremos que en los desagües de carga a que nos hemos referido antes, la velocidad de salida del agua puede llegar a 53 metros por segundo en el desagüe intermedio y a 63 en el de fondo.

En la presa del Vaiont, existía una completísima red de instrumentos de medida y de control, cuyas observaciones (más de 500 diarias en 300 aparatos) se centralizaban en un despacho, preciosamente dispuesto para esa trascendental misión de recoger, con sensibilidad extraordinaria, cuantas noticias podían ser de interés en la vida de la presa.

### III. Recuerdo de una visita a la presa.

De todas las grandes obras del Norte de Italia, excepcional muestrario de bella y depurada técnica, quizá la que más atraía al profesional, en los interesantísimos recorridos hechos con ocasión del VII Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en Roma, en el verano de 1961, era la famosa presa del Vaiont, por su altura record, por la arrogante esbeltez de su perfil, por el prestigio de sus autores.

Todo ello, acuciaba a nuestro ánimo cuando emprendíamos, desde el pintoresco pueblo de Longarone, hoy sumido en el dolor, la impresionante ascensión hacia el embalse, por el camino que se abría difícil paso en aquellos ásperos paredones de roca caliza, profunda brecha, cerrada por la presa y que, sobre cornisas estrictas, y a veces atacando en túnel, escalaba con ágil trayectoria.

Una vez arriba, sentimos la emoción de haber culminado la visita a un monumento ejemplar y nos dispusimos a saciar nuestra profesional inquietud acerca de aquella obra cumbre.

Nos sorprendió ver que el embalse estaba aparentemente casi vacío, a unos 160 metros por debajo de su cota máxima, conteniendo apenas el diez por ciento de su volumen total, y nos sorprendió más aún el saber que se había vaciado a causa de que, al llenarse por primera vez, se produjo un fuerte corrimiento en la ladera iz-

quierda, cayendo al embalse una masa arcillosa de uno o dos millones de metros cúbicos. En efecto, desde la coronación de la presa se apreciaba perfectamente, a pocos centenares de metros de distancia, la traza que el deslizamiento había dejado.

La preocupación que este accidente produjo en el ánimo de los técnicos, estaba acentuada por la experiencia de un corrimiento análogo, sucedido no mucho tiempo antes, en el cercano embalse del Mae, y el cual había originado fuerte onda de reflujo que hizo verter una lámina de agua de varios metros de espesor sobre la coronación de la presa, también bóveda, de 93 metros de altura.

Por otra parte, el estudio de la ladera del vaso del Vaiont, hacía temer un nuevo desprendimiento de la masa que todavía amenazaba y que estimaban los técnicos podría lanzar aún sobre el embalse hasta 20 ó 30 millones de metros cúbicos más.

Todo esto, impuso la adopción de precauciones, la limitación del embalse y la mayor insistencia en el estudio del problema que, al parecer de modo insospechado, levantaba serio obstáculo ante la normal explotación de una obra de relieve tan singular.

Esta enojosa circunstancia hizo que entonces nuestra atención aun se dirigiera con mayor interés al terreno que a la propia presa y a los trabajos de consolidación que se efectuaban en la roca del estribo izquierdo.

Al despedirnos de los técnicos, manifestamos vivo deseo de recibir informes directos acerca del comportamiento de aquella peligrosa ladera, cuando nuevamente se llenara el embalse. Nos los prometieron.

Regresamos a Longarone; el camino de bajada se recorrió en silencio. Quedaba nuestro pensamiento prendido en el infortunio de una bellísima presa, digna de mejor suerte.

Aquella noche, coincidimos en la Plaza de San Marcos cuantos habíamos visitado la presa; un ambiente de desencanto, como de ilusión truncada, puso en la reunión un tono triste.

Nuestro espíritu estaba más propicio a la meditación que a la charla.

#### IV. Esquema de lo ocurrido.

Descritos ya en numerosos trabajos y publicaciones los términos en que se desarrolló el doloroso suceso, nos limitaremos a recoger los datos informativos necesarios para una cierta composición de lugar que nos ayude a reflexionar sobre este caso, desgraciado, pero aleccionador. Intentamos con ello adquirir enseñanzas y enriquecer nuestra experiencia.

Es conveniente consignar, primeramente, que toda aquella región es, por sus condiciones esenciales, propensa al corrimiento de terrenos y, prescindiendo de un gran cataclismo geológico que en su día desvió el curso del Piave, río principal, del que es afluente el Vaiont, se pueden señalar varios desprendimientos de importancia que demuestran aquella afirmación.

En tiempos prehistóricos, en la zona del poblado de Pineda, en la margen izquierda del torrente, y a unos 3 kilómetros agua arriba del lugar de la presa actual, se produjo un gran corrimiento de muy parecidas características al que ahora ocasionó la catástrofe. Se rellenó el cauce y el río tuvo que volver a abrirse paso, lo que indudablemente consiguió con relativa facilidad, pues no tan sólo correrían caudales mayores que los de hoy, sino que la potencia erosiva de las aguas sería mucho más efi-

caz, disponiendo de un gradiente más fuerte, ya que no existía la presa de 262 metros sobre el cauce.

En época histórica, hubo otro deslizamiento, junto al pueblo de Caso; éste, en la ladera derecha del Valle.

En 1959, ocurrió el de la ladera del arroyo Mae, al cual nos hemos referido en el anterior capítulo, y en 1960 el del torrente del Vaiont que, como sabemos, motivo el vaciado provisional de este último embalse.

Estamos, pues, en una zona en la que el terreno carece de equilibrio estable, bien por su naturaleza propia, bien por las circunstancias que concurren en un lugar y en un tiempo determinado.

Como es natural, una obra de tal importancia y en un terreno de semejantes características, fué objeto de numerosos estudios de especialistas de varios países. Puede decirse que, desde el año 1913, se sucedieron los informes y en ellos se dibujaban dos tendencias, según el mayor o menor optimismo con que enjuiciaban el problema.

Se decidió la construcción y en la excavación de los cimientos se acusaron defectos en la roca que obligaron a adoptar soluciones especiales.

Se trataba de un valle glacial, en el que, después, la acción fluvial había abierto una profunda escotadura de 300 metros de profundidad, cuyas paredes revelaban, por una parte, esfuerzos tectónicos considerables y, por otra, efectos muy claros de descompresión que originaban sistemas de diaclasas paralelas al paramento de la garganta; todo lo cual motivó que se proyectase una consolidación y estabilización de los estribos, mediante anclajes e inyecciones. Estos trabajos estaban todavía en ejecución cuando visitamos la presa en el verano de 1961.

Como consecuencia del referido importante corrimiento que se produjo en el embalse del Vaiont en 1960, se multiplicaron las previsiones, los estudios y los reconocimientos que tendían a conocer el origen y el posible alcance del problema planteado.

Se construyó por la ladera derecha un túnel de 2 kilómetros de longitud y 5 metros de diámetro, para asegurar que, en el caso de que un corrimiento de tierras cortase el embalse, se pudiera dar salida al agua de la parte alta de aquél. Sondeos de reconocimiento se practicaron en la zona superior del deslizamiento de 1960; estos sondeos se fueron cerrando lentamente, demostrándose con ello la inestabilidad del terreno, pero, aunque alcanzaron profundidades de 90 metros, no habían llegado tales sondeos al plano principal del deslizamiento.

Otra previsión muy importante fué el establecimiento de una gran red geodésica de observación, sobre pilares de hormigón, abarcando 4 kilómetros de ladera.

Además, numerosos expertos realizaron reconocimientos minuciosos y extensos estudios que fueron objeto de informes de gran interés; se comprobó un movimiento del terreno de amplia extensión, y que, a veces, era acompañado por microsismos. Sin embargo, fué opinión bastante compartida la de que se trataba de movimientos de bloques sueltos y no de una gran masa de amplia área.

\* \* \*

Esta hipótesis no se confirmó; el movimiento se generalizaba; los despegues, desprendimientos y corrimientos del terreno se sucedieron, probablemente en cascada, con velocidad creciente, hasta de 20 ó 30 metros por segundo, y una enorme avalancha de mole rocosa heterogénea, arcillosa en fuerte proporción, invadió violentamente

tísimamente el embalse, levantando una inmensa ola que, después de azotar la ladera derecha, arrasando cuanto alcanzó, se revolvió contra la opuesta y repitiéndose estos movimientos alternativos, desbordó la coronación de la presa con emboladas de hasta 30 ó 40 metros de altura.

El enorme roción que embistió contra la ladera, llegó a puntos situados a más de 200 metros sobre la coronación de la presa, ya que, siendo la cota de aquélla 722, hubo construcciones afectadas cerca de la cota 950.

El desbordamiento de la presa fué el elemento activo de la catástrofe. Unos 30 ó 40 millones de metros cúbicos se volcaron sobre la zona de Longarone, con violencia extraordinaria y en caudales instantáneos que pudieron alcanzar a ser del orden de 100.000 metros cúbicos por segundo y sembraron por doquier la destrucción y la muerte.

Entre las muchas referencias y descripciones con datos de interés acerca de los preludios de la gran catástrofe, una de las más completas es la muy documentada del Profesor de Geología Aplicada en la Universidad de Cornell, Ithaca, N. Y., Mr. G. A. Kiersh, quien recogió sobre el terreno noticias y datos de primera mano.

Según los informes de este ilustre Profesor, los movimientos acusados por las estaciones geodésicas en el área del corrimiento, en las últimas semanas, eran:

18 al 24 de septiembre .....	1 cm. por día.
25 de septiembre al 1 de octubre .....	10 a 20 cm. por día.
2 al 7 de octubre .....	20 a 40 cm. por día.
8 de octubre .....	40 cm. por día.
9 de octubre .....	80 cm. por día.

El 8 de octubre ya se comprobó que todas las estaciones de observación se movían conjuntamente, afectando a una gran área.

Es curioso señalar que hacía varios días que los rebaños de ganado que pastaban por aquellas laderas huían presintiendo el peligro.

Una circunstancia meteorológica vino a agravar la situación e indudablemente precipitó su desenlace.

Hacia el 28 de septiembre, se iniciaron fuertes lluvias que continuaron sin cesar hasta después del 9 de octubre. El torrente del Vaiont presentaba una gran crecida.

El alcalde de Caso, pueblo en la ladera derecha del embalse, publicó bandos anunciando que se podía esperar una ola de 20 metros de altura, como consecuencia de un probable corrimiento de tierras. Los técnicos también estimaban en 20 metros la altura de la ola que se produciría, apoyándose para ello en la experiencia del vecino deslizamiento en el Mae (1959) que desbordó la presa de Pontesei.

Se empezó a tratar de hacer descender el embalse, que estaba a la cota 690 (29 metros por debajo del máximo), pero la gran avenida del río anulaba los efectos del desagüe y el embalse siguió subiendo. Hubo también dificultades en el manejo de las compuertas.

El accidente se esperaba que ocurriría hacia el 15 de noviembre. Desgraciadamente, activada quizá por las persistentes lluvias, la gran avalancha se precipitó mucho antes: el 9 de octubre, a las veintidós horas cuarenta y un minuto cuarenta segundos; hora de la Europa Central.

En aquel momento, estaba el agua a unos 20 metros por debajo de la máxima cota del embalse y almacenaba éste unos 135 millones de metros cúbicos.

El deslizamiento de tan enorme masa de terreno, del orden de 300 millones

de metros cúbicos, produjo un verdadero seísmo, que fué advertido por gran parte de los observatorios europeos; se comprobó en ellos técnicamente que el temblor fué motivado tan sólo por el corrimiento y no por un seísmo profundo.

Hubo testigos de la catástrofe en la propia presa; 20 funcionarios y 60 personas más, adscritos a la obra, estaban allí en aquellos momentos. Todos recibieron la brutal sacudida del cataclismo. Ninguno sobrevivió.

Es muy interesante el testimonio de un habitante de Caso, situado a 260 metros de altura sobre el embalse, en su ladera derecha; relato del mencionado Profesor G. A. Kiersh.

Llovía fuertemente. A las veintidós quince se despertó con un gran ruido, como de rocas que rodaban. A las veintidós cuarenta, un viento fortísimo conmovió la casa y rompió las ventanas; de pronto, se levantó el techo de la casa y la invadieron agua y rocas. El ruido era tremendo. A los pocos segundos, el viento cesó y el valle quedó en calma.

Del pueblo de Longarone, víctima del suceso, dicen que, a las veintidós cuarenta y tres horas, un viento fortísimo rompía las ventanas y hacía temblar las casas, como por un terremoto, cuando por la estrecha garganta de Vaiont, apareció un muro de agua, de 70 metros de altura, que avanzaba a gran velocidad y en pocos momentos arrasó el pueblo, causando 3.000 víctimas.

La inmensa ola, invadiendo el río Piave, se extendió aguas arriba en cerca de 3 kilómetros y se incorporó velozmente al curso del río.

A las veintidós horas y cincuenta y cinco minutos, el valle quedó en silencio. Se había consumado la tragedia.

## V. Examen de varias fotografías de la catástrofe del Vaiont.

El estudio detenido de las fotografías a que nos hemos referido antes, permite, en primer término, orientar las ideas en cuanto a la magnitud de lo sucedido, llevando a la imaginación la escala del acontecimiento hasta convencer de que este caso, por coincidir en él un movimiento en masa de alcance geológico con una obra hidráulica de magnitudes desusadas, está fuera del orden normal de los accidentes registrados en obras de ingeniería, es decir, que nos hallamos en presencia de algo hasta ahora muy pocas veces igualado.

Pero, además de esa consideración de tipo general y de verdadero alcance, se obtienen del examen de las citadas fotografías detalles y particularidades de mucho interés en el análisis del suceso.

Contemplaremos, en primer lugar, las fotografías 1 y 2. Ambas presentan la vista de la presa por el paramento de agua abajo; una antes y otra después del desastre.

En la primera, se ven detalladamente los 16 vanos del aliviadero de superficie, con la pasarela superior. En la margen izquierda, la caseta en donde se recogían todos los datos de los aparatos de control, con un verdadero alarde de instalación. En el paramento, se observan cinco pasarelas que lo recorren a distintas alturas y se destaca el acueducto que salva la garganta y soporta el tubo de conducción de agua del río Piave, que formaba parte esencial del complejo hidroeléctrico. Una pasarela de trabajo cruza la garganta, y en el estribo derecho se ve el túnel de la carretera de acceso.

La roca de ese estribo tiene alguna vegetación; la del lado izquierdo, es más desnuda. En ambas, aparece la estratificación uniforme y con ligera inclinación.

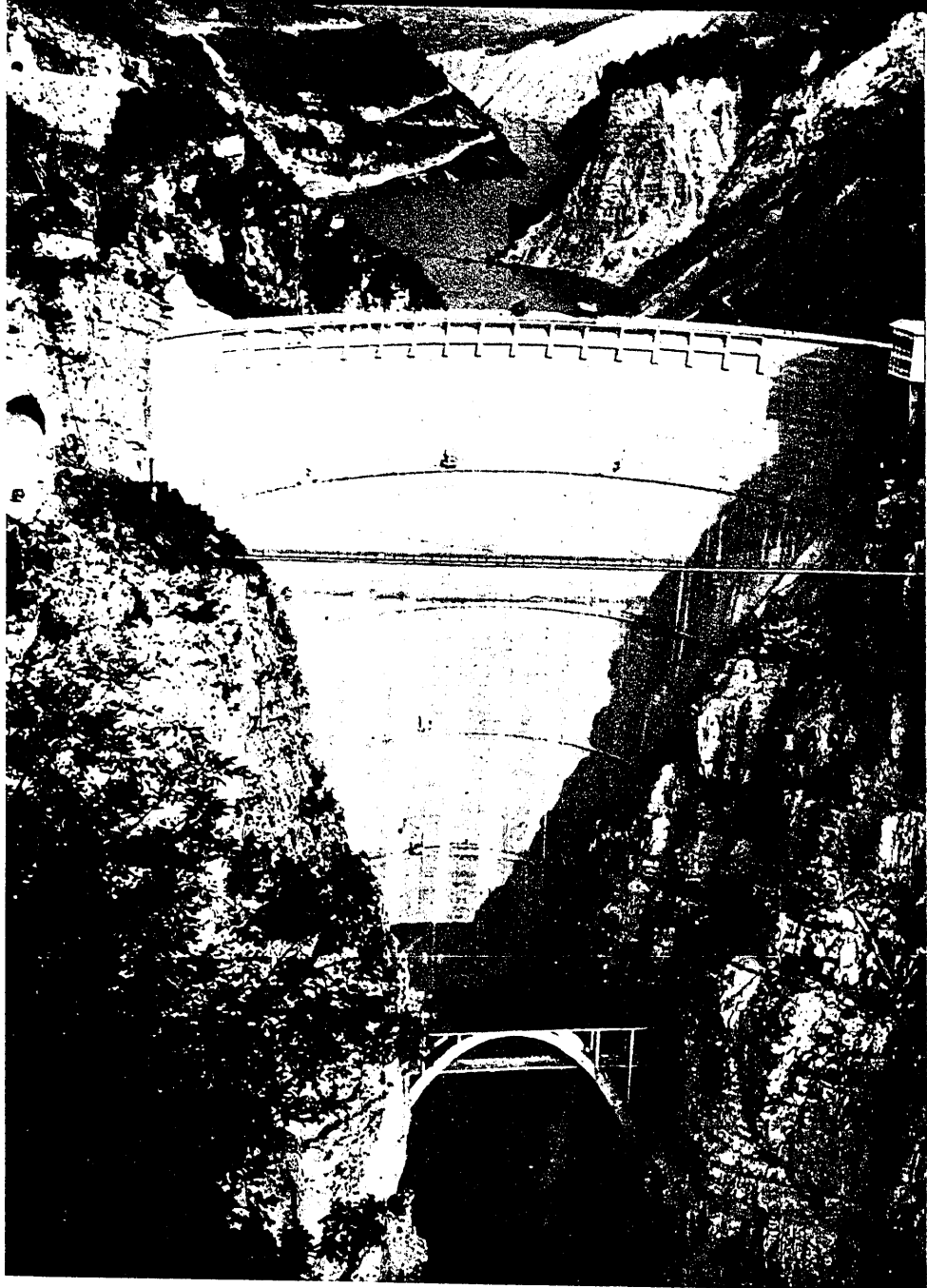


Foto 1. —Vista de la presa, desde agua abajo, antes del corrimiento.

Al fondo, el vaso, con poca agua. Creemos que la fotografía está hecha cuando acababa de terminarse la obra y, por consiguiente, antes de que se produjera el primer corrimiento en la ladera izquierda. Obsérvase en las laderas del vaso bastante vegetación, excepto en los cortados de excesiva pendiente, que pueden corresponder a sucesivas etapas de la degradación de la montaña, una de cuyas fases iniciales puede estar acusada por el barranquillo, bien señalado en la ladera izquierda.

Si examinamos la fotografía 2, veremos que todo ha cambiado. En la coronación, se ha destruído por completo el puente-pasarela sobre el aliviadero; el paramento de la presa está limpio, como bruñido por la acción del agua vertiente, que se ha llevado el acueducto por el que pasaba el agua del Piave.

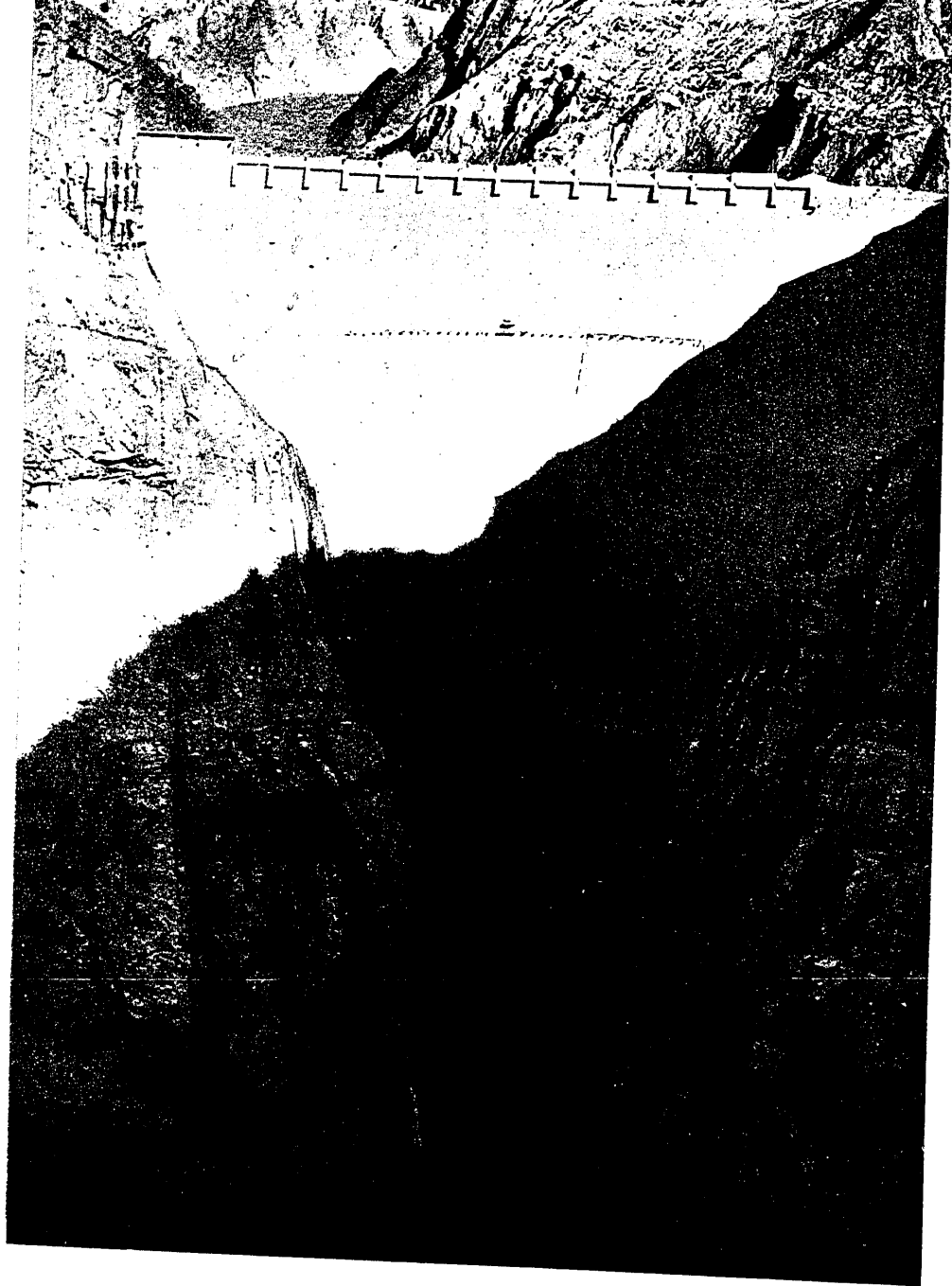


Foto 2. — Vista de la presa, desde agua abajo, después del gran corrimiento.

El panorama, es otro; no sólo ha desaparecido la vegetación, sino que se advierte claramente que el terreno ha sufrido un enérgico raspado que arrastró de la roca todo elemento friable.

Al fondo, el vaso es un *paisaje lunar*. Todo el terreno que se ve en la margen izquierda, es terreno *de la invasión*.

Hay que hacer sobre estas fotografías dos observaciones de interés.

Si comparamos la línea de sombra proyectada, en ambos casos, por la ladera izquierda de agua abajo sobre el paramento de la presa, vemos que así como anteriormente era una línea sinuosa que correspondía a la sombra de una ladera con ligeras desigualdades, en la segunda foto, la misma sombra se marca con una línea rígida, que demuestra una roca pulimentada, en la que ha desaparecido toda irregularidad.



Foto 3.— Vista del embalse antes del gran corrimiento.

Otra observación, que es de verdadero interés en este análisis, se refiere a los daños producidos en la coronación de la presa. Es mucho mayor el deterioro en el extremo izquierdo que en el derecho.

En aquél, no solamente ha desaparecido, hasta en sus cimientos, la caseta de control, sino que también la violentísima erosión se ha llevado la parte de muro que hacía de estribo del puente-pasarela y no queda ni señales del vano núm. 16 del aliviadero, mientras en el extremo derecho permanece intacto el muro estribo correspondiente, en el que incluso se conserva la impostilla de coronación.

Esto indica, de modo claro, que la parte principal del agua vertiente pasó sobre la zona de la izquierda de la presa, o bien cayó sobre ella en tromba de efectos más violentos.

En la fotografía 3, con vista del embalse antes del gran corrimiento, aparece el terreno, más o menos, como estaba cuando nuestra visita del año 1961, pero con más agua. Se había originado ya el desprendimiento de uno o dos millones de metros cúbicos de la ladera izquierda, a unos 300 metros de distancia de la presa.

Se advierte en la foto perfectamente el corte que entonces se produjo en el terreno; la plataforma subhorizontal que limitó el desprendimiento, es característica de aquel relieve topográfico que, en su conjunto, deja entrever condiciones de fáciles corrimientos del terreno.

Vale la pena detenerse un momento ante la fotografía 4, que nos da una visión panorámica de la ladera izquierda del valle, extendiéndola hasta los altos montes que limitan la cuenca por ese lado. Se puede contemplar en toda su extensión la ladera del famoso monte Toc, origen de estas desgracias.

La fotografía está tomada antes de la catástrofe y, como se advierte en la presa, con el embalse casi vacío, pero ya ha ocurrido el primer desprendimiento y en

el corte que ha causado en la ladera se advierte la heterogeneidad y fragmentación del terreno movido.

Al remitirnos esta fotografía, han dibujado, como elemento de información, una línea que, de modo aproximado, sigue el borde de la gran diaclasa con que el terreno se cortó, permitiendo que una enorme masa, calcáreo-arcillosa, se pusiera en marcha acelerada en dirección al embalse, cuando éste se encontraba prácticamente lleno.

Aunque quizá en los dos extremos de dicha línea esté algo exagerado su alcance, se ajusta en lo principal a la realidad y contemplando esta imagen y relacionándola con la presa que tenemos a la derecha de la fotografía y que se dispone a soportar las consecuencias de semejante cataclismo, se puede formar clara idea de la magnitud del suceso y explicarse que el volumen del terreno lanzado haya sido muy superior al del embalse del Vaiont.

Pero si esta fotografía es impresionante y no dudo en calificarla de documento histórico, no le va en zaga la 5, de tremendo realismo.

Se ha producido ya en ella el trastorno que en la anterior se indicaba con una línea. Se ven muy bien los planos de rotura y se advierte la enorme amplitud del deslizamiento de la montaña que, con bastante precisión, se ha señalado en la fotografía anterior.

La ladera del monte Toc se ha desprendido y descende y avanza hacia el embalse del Vaiont con colosal empuje; sería difícil calcular la magnitud de la energía que podría desarrollar en su caída tal masa, quizá con volumen de 300 millones de metros cúbicos, pero la apreciación imaginativa de las dimensiones que entran en juego, ya permite suponer que la energía potencial podría ser del orden de 150 billones de kilográmetros.

La marcha hacia el embalse del Vaiont de la enorme masa así desprendida, habrá sido uno de los fenómenos más grandiosos que se han presenciado históricamente.

La línea de avance tendría más de 2.000 metros de longitud y el espectáculo dantesco del corrimiento está perfectamente recogido en la fotografía 5 que comentamos, en la que se ve el frente amenazador, simulando gigantesco escuadrón de elefantes enfurecidos, que, en fila apretada, irrumpía violentamente en el embalse, hasta originar la expulsión de casi todo su contenido de agua.

Podría también imaginarse una erupción volcánica, cuya colada arrasaba todo, o bien un gran glaciar, puesto en marcha, que avanzase llevando en su morrena frontal los enormes cantos que no dejaban nada en pie.

La fotografía es, como decimos, tan expresiva que refleja bien el ambiente del suceso y permite sentir su magnitud excepcional.

Volvamos a echar una ojeada sobre la fotografía 4, aquella panorámica anterior al corrimiento y, ahora que ya hemos contemplado su dimensión y alcance, demos cuenta de que lo que cerraba el valle y tenía que soportar todo lo que por él llegara, sólido o líquido, era aquella esbeltísima presa, de dimensiones mínimas, que vemos en el extremo derecho de la fotografía y que, en relación con las fuerzas naturales que tenía enfrente, aparece como algo extremadamente endeble para la función resistente que había de superar.

Y, sin embargo, el fenómeno se produjo y en las condiciones más desfavorables y la presa soportó la brutal embestida y quedó enhiesta, arrogante, mostrando tan sólo los quebrantos sufridos en la desigual batalla (foto 2).

Los que sentimos estas singulares obras, esta endiablada conjunción de obra,

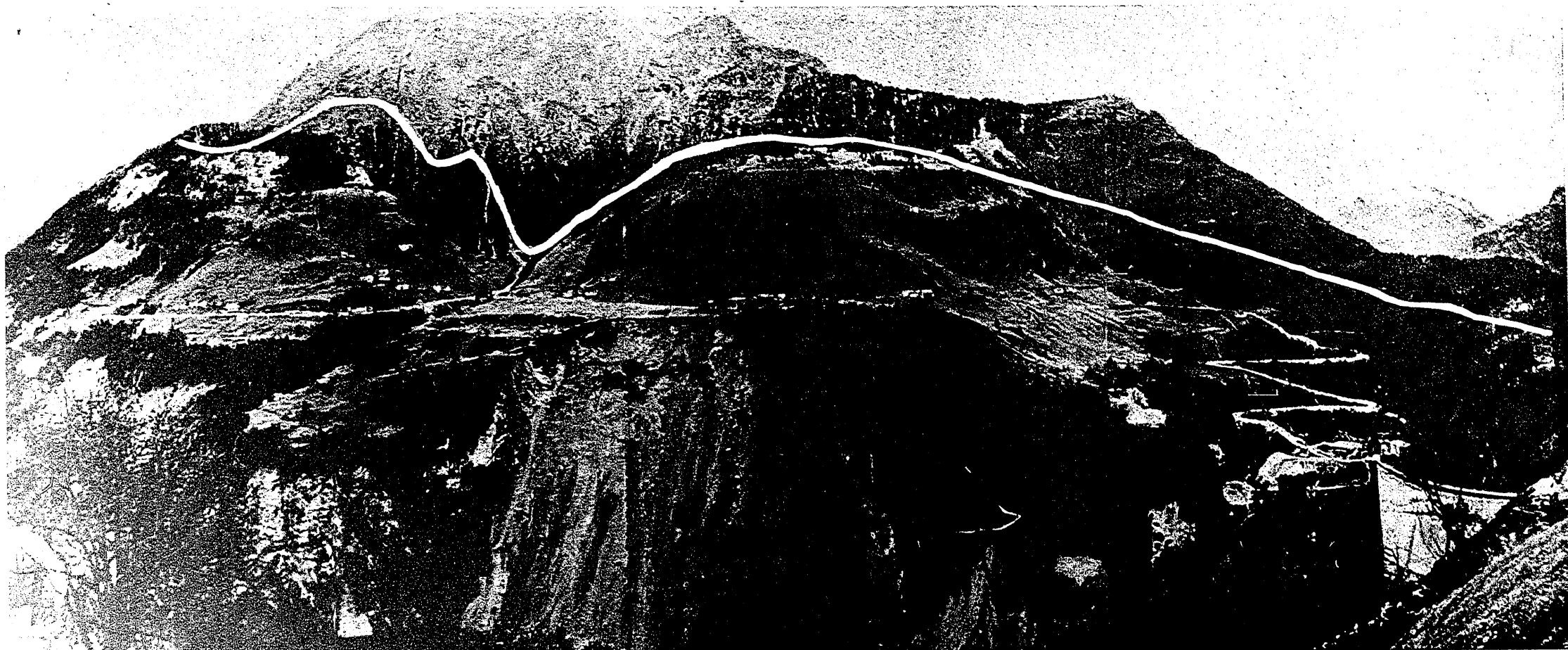
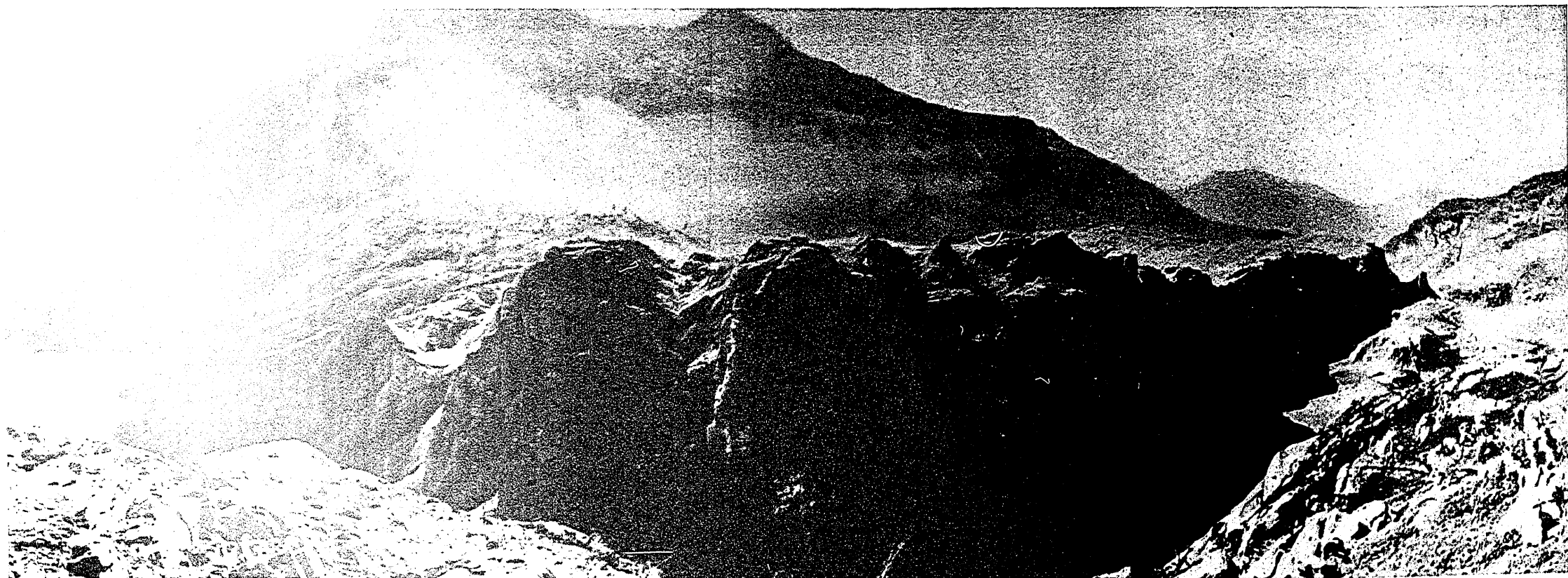


Foto 4. — Vista de la ladera del monte Toc, antes del gran corrimiento. ↑  
(Se señala la línea de rotura del terreno).

Foto 5. — Vista de la ladera del monte Toc, inmediatamente  
↓  
después del gran corrimiento



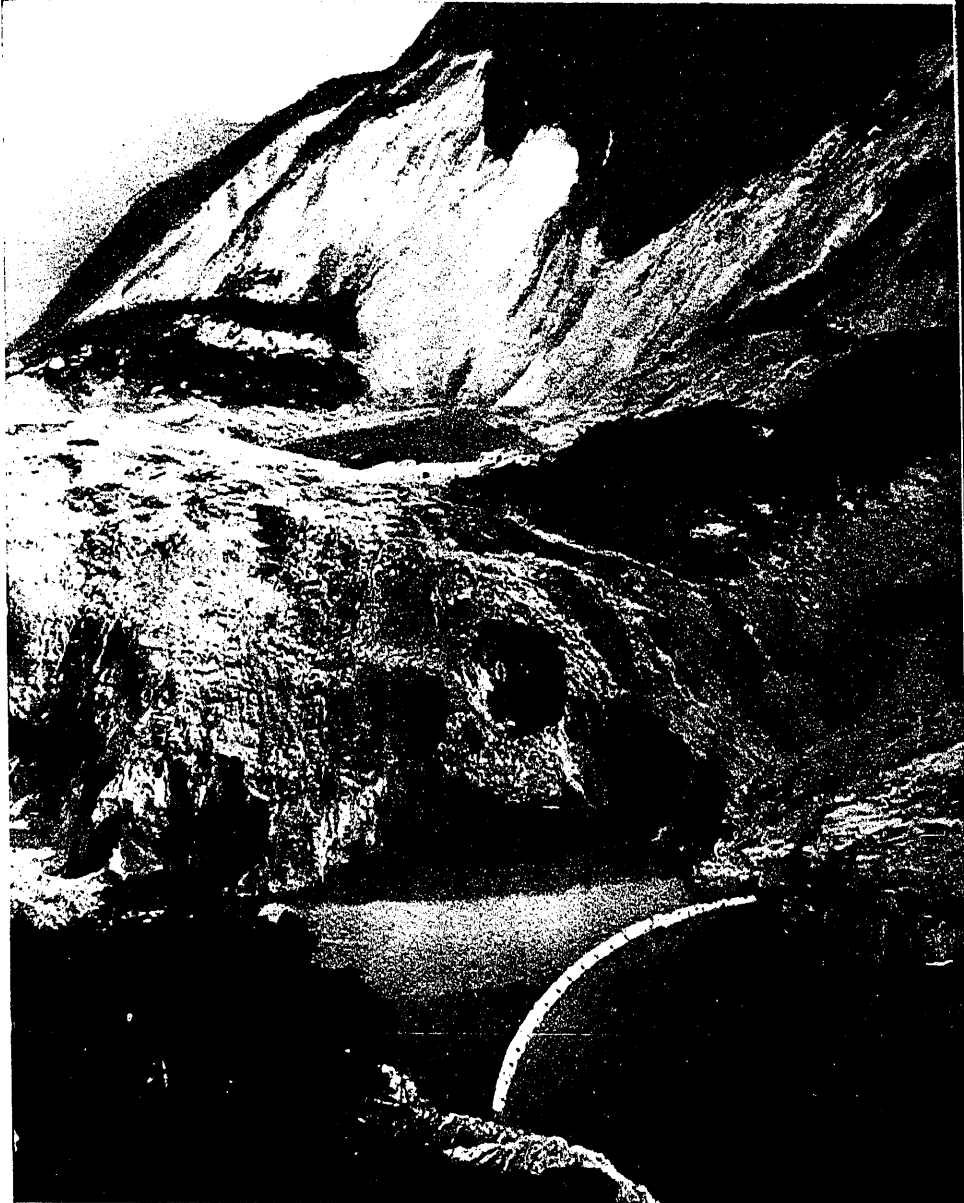


Foto 6. — Vista de la ladera izquierda del embalse, desde agua abajo, después del gran corrimiento.

agua y montaña, que son las grandes presas, como algo verdaderamente vivo y no como una mole inerte, no podemos desprender de nuestro ánimo la emoción ante pruebas tan terribles como ésta a que a las veces se encuentran sometidas.

Porque sabemos lo que esas obras significan; porque conocemos que en ellas hay acumuladas intensas horas de preocupación, largas veladas de estudio, y también nervios rotos, ansias de triunfo, mucho trabajo intelectual y físico, responsabilidad aceptada y asimismo copia de amarguras y no pocas decepciones.

Porque hay quizá algunas vidas entregadas, tributo amargo de las obras humanas.

Por eso, no vemos en la presa una sustancia muerta, sino una expresión espiritual del esfuerzo inteligente del hombre, en su marcha hacia la consecución de una meta gloriosa.

Por todas esas razones, saludamos con emoción y respeto a la heroica presa del Vaïont, brillante ejemplo del margen de resistencia que puede ofrecer una presa hó-

veda bien apoyada y dedicamos un rendido homenaje a la memoria del gran Inge-  
niero Semenza, que la proyectó.

Si estas cinco fotografías que hemos comentado, nos dan una impresión gene-  
ral bien clara de lo sucedido, las cinco restantes nos aclaran algunos conceptos.

Especialmente, la fotografía 6 tiene aspectos de gran interés.

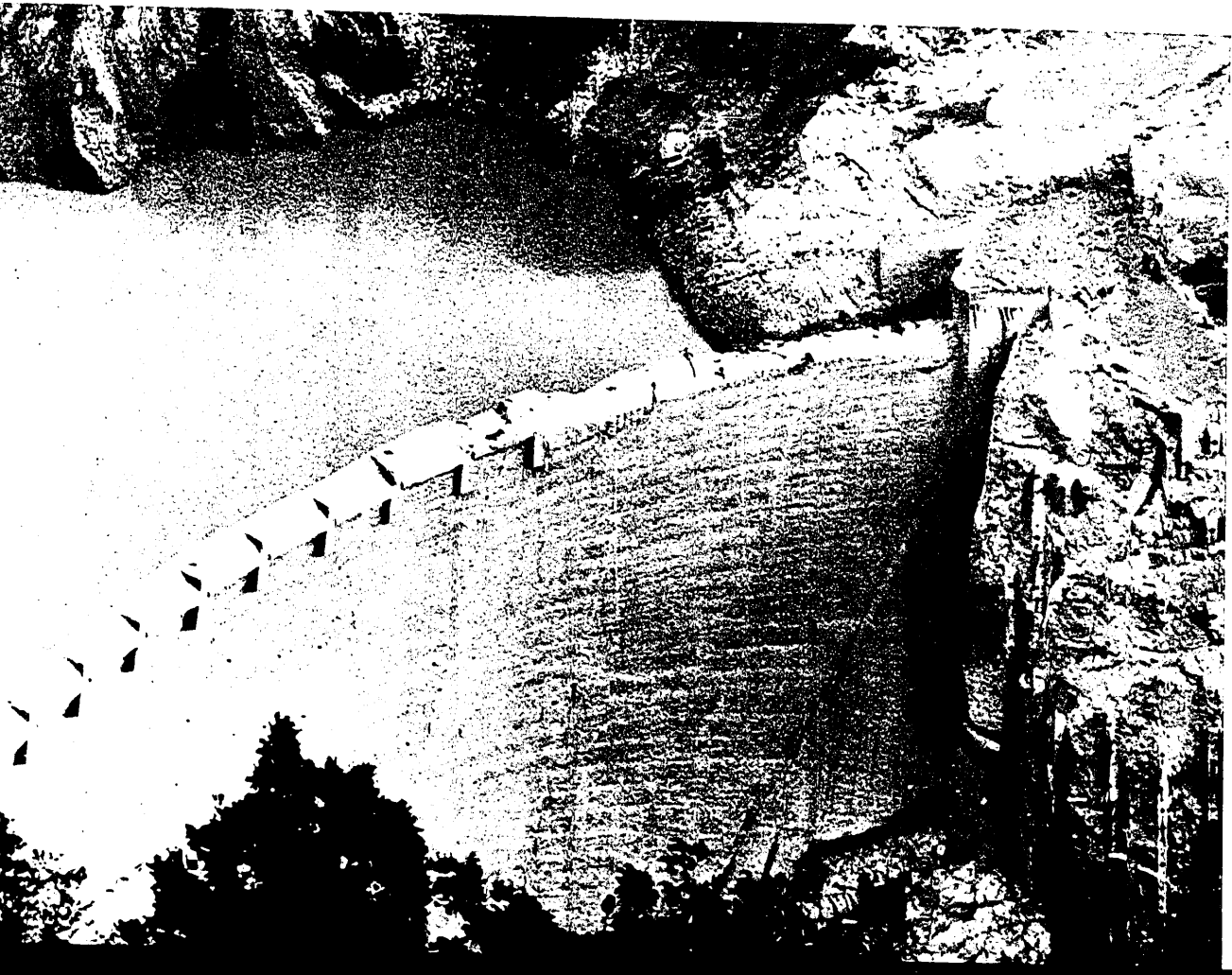
Se ve claramente en ella, por el plano o planos de corte de la ladera del mon-  
te Toc y por las zonas de vegetación que se conservan, a pesar del desplazamiento  
del terreno, que el deslizamiento tuvo dos principales zonas de origen, de las que par-  
tieron violentamente sendas masas enormes que avanzaron hacia el embalse, no en  
la misma dirección, sino en direcciones concurrentes que, al reunirse en las proximida-  
des de aquél, dejaron detrás, al pie de la montaña, una depresión muy marcada,  
que probablemente la misma ola del roción llenó de agua y se formó así un pequeño  
lago de cota más alta que la actual del embalse, pero que, a causa de la permeabi-  
lidad del terreno, se quedó vacío el 24 de octubre.

Se delinea muy bien en la fotografía el límite de la invasión del terreno en ava-  
lancha y puede distinguirse claramente cuál es la roca que ya existía, formando el  
vaso del embalse y hasta donde llegó la citada invasión, que, por fortuna, no alcan-  
zó a la presa en su totalidad, pues, en otro caso, habría sido destruída.

También llama la atención, en la misma fotografía 6, la serie de hoyos cónicos,  
de gran tamaño, que aparecen formados en el borde de la masa caída, muy cerca de  
la presa.

Ya dijimos antes que el agua del embalse, impulsada violentamente por la brusca  
invasión del terreno, alcanzó enorme altura en la margen derecha, para caer de nue-  
vo, y hemos visto también cómo es verosímil que la mayor parte de esa agua haya

Foto 7. — Vista de la coronación de la presa,  
desde agua abajo, después del gran corrimiento.



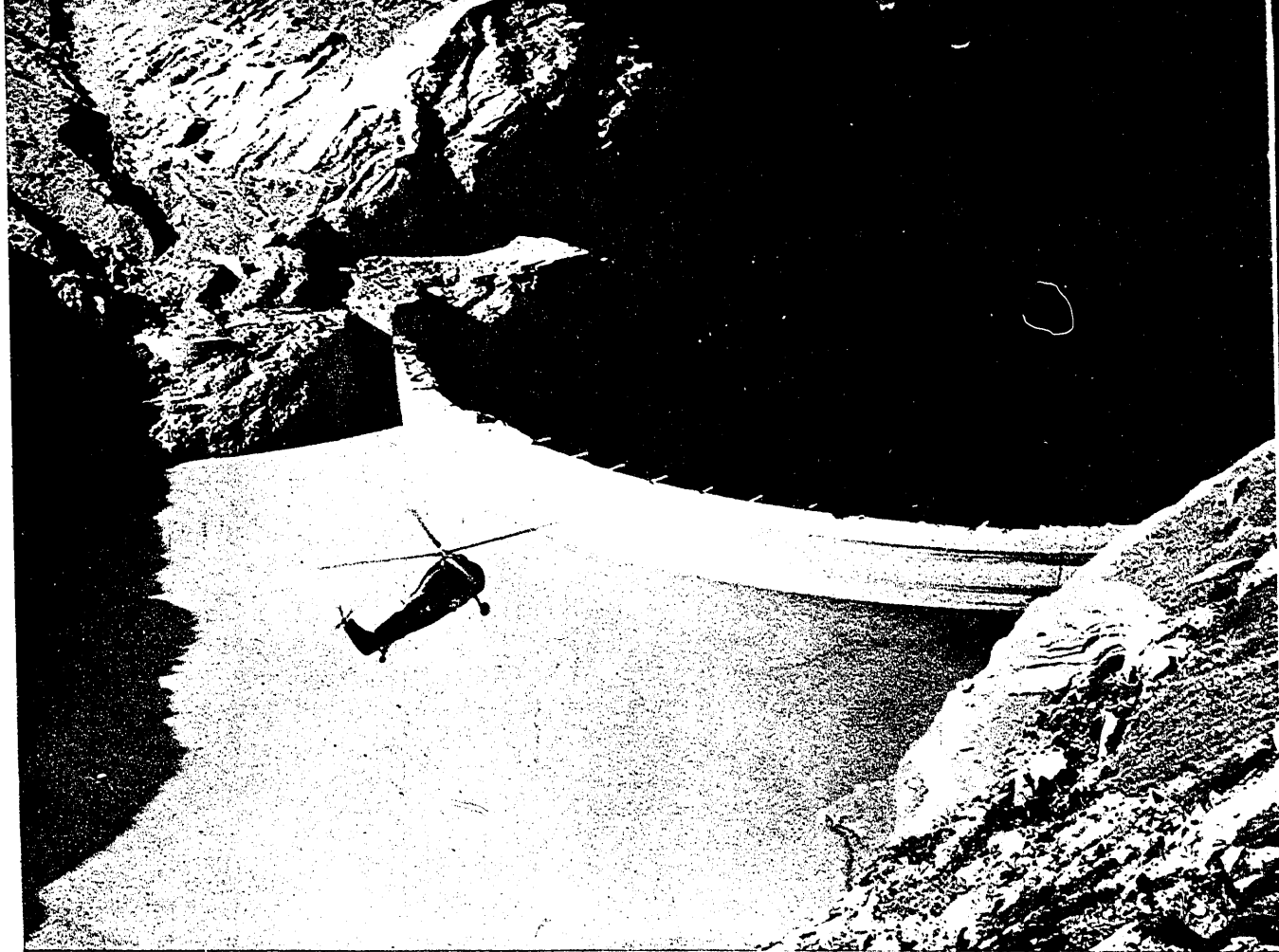


Foto 8. — Vista del embalse, inmediatamente agua arriba de la presa, después del gran corrimiento.

salido hacia la margen izquierda y así en oleadas alternativas que, ya en violenta riada ascendente que arrasaría cuanto tocara, ya en inmensos chorros cayendo desde gran altura, originaron fuerte erosión en un terreno recién movido y, por tanto, desagregado, dando lugar a las profundas dentelladas que muestra en esa zona y a esos grandes hoyos que recuerdan a los embudos de un bombardeo aéreo.

Hay que considerar cómo el terreno movido estaba predispuerto a tales formas de erosión. Grandes bloques independientes se habían aglomerado con materiales menudos del corrimiento, arrastrados después parcialmente por el agua, de modo que era fácil la formación de grandes "torcas" ante la acción contundente de la caída de la ola.

En la fotografía 7, también se aprecia con detalle el mayor deterioro causado por el agua en la parte izquierda de la presa; allí, el arrasamiento fué total.

En ese estribo, están bien patentes las muestras del intenso trabajo de consolidación y refuerzo de la ladera, que se estaba efectuando, ya en 1961. Será de gran interés el análisis del efecto producido por la violencia de las aguas sobre la estructura de aquella roca.

Ese refuerzo, con sistema de inyecciones y anclajes, lo había proyectado el Profesor L. Müller de Salzburgo y estaba motivado por la serie de diaclasas que aparecieron en los estribos, paralelas a las paredes del cañón, consecuencia de la decompresión de la roca.

Inmediatamente aguas arriba, se advierte el borde alcanzado por el terreno desprendido, que no llegó a tocar en la presa. en su parte alta, deteniéndose a unos cincuenta metros de ella.

En la fotografía 8 se aprecian los mismos efectos que en la anterior y, con más detalle, en la ladera izquierda; en la derecha, evidentes muestras del arrasamiento.

Un helicóptero vuela sobre el embalse, cuya cota de agua, en la porción remanente, queda a unos 15 metros por debajo de la coronación.

Obtenida la foto 9 desde la margen derecha, a la altura aproximada de dicha coronación, se destacan numerosos impactos en el paramento de agua arriba de la presa; alguno de ellos, con dimensión hasta de un metro.

La roca de la ladera aparece denudada y raída por la acción de las aguas.

En la rinconada del pequeño embalse que subsiste, se ven restos flotantes.

La fotografía 10, última de la serie, debe examinarse también con atención. Se ve perfectamente el avance de la masa del terreno desprendido que, según acabamos de decir, llegó por la margen izquierda, como una ola que rompiese a unas decenas de metros de la presa.

En la ladera derecha, se comprueba cómo el agua alcanzó en tromba a zonas de gran altura sobre la coronación y dejó señales de su paso devastador, más claras sobre la vegetación, que parece arrastrada por la ola descendente.

Tiene, por último, esta fotografía el interés de mostrar la limitada superficie que quedó con agua en la parte próxima a la presa. Más hacia arriba, comienza el tramo intermedio, cegado enteramente por el terreno desprendido.

El nivel del embalse inmediato a la presa descendía en los primeros días de

Foto 9. —Vista de la coronación de la presa, desde agua arriba, después del gran corrimiento.





Foto 10. — Vista de la presa y del terreno de ambas laderas, desde agua arriba, después del gran corrimiento.

pués del corrimiento, de 50 a 80 cm. por jornada, a causa de las fugas naturales a través de tubos o compuertas rotos en la presa y también por ir el agua rellenando huecos del terreno.

En cambio, la parte del embalse de agua arriba, alimentada por la crecida del torrente, aumentaba de nivel 13 metros en dos semanas.

## VI. Comportamiento mecánico de la presa.

Al imaginarnos el paso del agua por la garganta del Vaiont, con la fuerza brutal de tan formidable catarata, que se estrellaría mil veces en las formas irregulares de las paredes calcáreas, pensamos en las consecuencias de tal paso, en los efectos de erosión que pueden haberse producido en la presa y en sus apoyos y cimientos; en la posible acción de las subpresiones y, en definitiva, en las consecuencias de que aquel conjunto, presa-terreno, tan bien adaptado a la cerrada, haya estado sometido, siquiera por breve espacio de tiempo, a esfuerzos y a situaciones que jamás habían sido previstas en el cálculo y de los cuales la presa, como estructura, ha salido victoriosa. Únicamente, parece que, aparte de los destrozos en coronación, quizá se observa cierto desencaje de algún arco respecto del estribo; pero, esencialmente, se mantiene.

Como es lógico, el estudio técnico de las condiciones en que la presa ha quedado después del suceso, se ha considerado con toda minuciosidad y por varios equipos de expertos italianos. Parece que al aplicar el cálculo en las condiciones extremas que la presa se sometió en los momentos álgidos, se dedujo que la carga unitaria soportada en algunos puntos, alcanzó valores de unos 400 kilogramos por centímetro cuadrado.

No hay duda de que la presa sufrió situaciones extraordinarias, mucho más graves que todas las previstas y es evidente que la presa las resistió. Ahora bien; como en el mundo físico los sucesos extraordinarios hay que explicarlos con razones de fundamentos ordinarios, consideramos necesario examinar el caso atendiendo a muy varios aspectos, alguno de los cuales ya lo habíamos apuntado y que seguramente han sido tomados en cuenta en aquel cálculo.

En primer término, está la cualidad de la estructura de presa-bóveda que tiene de acomodarse a una más uniforme distribución de cargas, aceptando deformaciones que alivian y reducen la concentración de tensiones, de manera que, por tal mecanismo automático, pueden haberse reducido, en proporción considerable, las entonces máximas tensiones puntuales.

Pero, ¿basta esta cualidad de acomodación para que la presa, calculada para una máxima sobreelevación del embalse de 1,60 metros, soporte que vierta sobre ella una lámina de 30 ó 40 metros de altura, en régimen de torbellino que indudablemente originaría acciones secundarias muy diversas?

Buscando alguna circunstancia reductora del sistema de fuerzas que actuaron sobre la presa en los momentos de mayor peligro y considerando el supuesto que hemos descrito al comentar las fotografías, advertimos la importancia que en ese esquema de fuerzas pudo tener la ola de expulsión provocada en el agua del embalse al ser éste violentamente invadido por el terreno del corrimiento.

Al precipitarse este terreno en el embalse, se produjo el movimiento rápido de una banda vertical de agua, que se interpuso entre la masa rocosa que avanzaba y el paramento de la presa, banda que llegaría a tener más de 300 metros de altura, desde el fondo del embalse hasta el punto alto de la ola vertiente. Esta masa de agua, de 40 ó 50 millones de metros cúbicos, lanzada a gran velocidad, pudo así actuar de defensa eficaz en el primero y más violento impacto, librando quizá a la presa de ser destruída y, al mismo tiempo, la energía cinética, representada por el rápido movimiento de ese manto de agua, aligeraría necesariamente la carga horizontal que, de otro modo, se habría producido sobre el paramento de la presa, sirviendo, por el doble motivo indicado, de elemento salvador de la obra, hasta que, poco después, ya decrecida la ola, la masa del terreno iba sustituyendo al agua del primer tramo del embalse, y lo dejaba casi cegado por completo, salvo un pequeño charco de pocos metros de profundidad al lado de la presa.

La nueva situación del embalse, dividido en dos tramos independientes por un enorme relleno del terreno del corrimiento, planteó una situación delicada, ya que la presa quedaba soportando el empuje del terreno, que rellena, como queda dicho, la mayor parte de la altura del embalse y cuya mayor o menor permeabilidad influirá en la magnitud de la carga. En previsión, se han adoptado, y se siguen adoptando, medidas de seguridad, como es dar salida al agua remanente en el embalse junto a la presa e igualmente a la parte de embalse que quedó agua arriba del corrimiento.

En cuanto a peligro de nuevos movimientos del terreno, no sería extraño que se produjera alguno de menor cuantía, ya que, como queda dicho, aquella zona tiene

probada predisposición para ello y con mayor motivo si la presencia del agua lo favorece.

A los pocos días de haber ocurrido la catástrofe del Vaiont, expusimos nuestra opinión de que esta presa no podría ser ya aprovechable. Ni la presa, ni el embalse pueden regenerarse. Así parece que lo ha acordado ya el Gobierno italiano, declarando esta obra fuera de servicio, aunque quizá se estudie un modo de aprovechar el embalse que queda en la parte alta del Vaiont, enlazándola con el río Cellina.

## VII. Transcendencia del estudio del terreno.

El Ingeniero lucha por aprovechar las fuerzas de la Naturaleza; unas veces, las utiliza sin contrariarlas; otras, modifica, con más o menos violencia, el dispositivo natural, para conseguir mejor rendimiento, y en ese caso están, generalmente, las presas que se construyen para crear los pantanos.

En tales obras, existe un problema estrictamente ingenieril, que es la presa y el estudio hidráulico del río, y un problema geológico, que es el estudio del terreno, de todo el terreno que pueda afectar al pantano, o bien que pueda ser afectado por éste.

Y de ahí viene la necesidad de enlazar, de coordinar ambos estudios, del mismo modo que se han de enlazar y coordinar terreno y presa.

Hemos repetido desde hace muchos años, que el estudio previo del terreno es de tanta o más categoría y, a veces, de mayor dificultad que el de la presa.

Las razones de tal afirmación están hoy generalmente aceptadas, pero es necesario que, además de la conformidad con la idea, se practique ésta y que para ello se venza mucha inercia y prejuicios muy arraigados en amplios sectores.

Propugnamos ya hace veinte años la formación de Ingenieros geólogos, que, consagrados a la conjugación de ambas técnicas, sobre temas variadísimos de obras y terrenos, lleguen a disponer de un verdadero archivo de casos reales y vivos, con el historial de su comportamiento y puedan aprovechar esa múltiple experiencia para juzgar con mejor acierto.

Mientras que las alturas de las presas no excedían de cierta dimensión y en tanto que se iban construyendo en las mejores ubicaciones existentes, los problemas se dominaban con relativa facilidad, aunque ya, alguna vez, los graves accidentes ocurridos habían venido a demostrar que no se podía independizar el estudio de la presa de aquél que requería el terreno.

Pero, esta necesidad de armonizar ambos conceptos, quedó más patente cuando las presas empezaron a desbordar la altura de 100 metros, y ello por razón bien clara.

Al formar la presa, de más de 100 metros, un embalse y originar con ello una situación nueva para el terreno que constituye el vaso, aquél se encuentra directa y profundamente afectado por cargas de agua que le someten a presiones intersticiales de más de 10 Kg. por centímetro cuadrado, que, para algunos terrenos, es ya importante y más con la circunstancia de que el embalse puede ser pernicioso, por crear tensiones no contrarrestadas y facilitar los deslizamientos.

Pero abundan los casos en que tal situación está agravada, pues hoy se ha excedido ya, con mucho, en las presas, la altura de 200 metros y se está en los alrededores de la de 300 metros, por lo que hay que pensar en cargas de 25 y 30 Kg. por

centímetro cuadrado, que muchos terrenos no soportan sin desagregarse y sin provocar las consecuencias a que antes aludimos.

Sin embargo, ¿se conocen a fondo los efectos de tales cargas en el terreno? Hasta hace pocos años, el mecanismo y hasta el concepto de la presión intersticial estaban en nebulosa.

Y aun hoy, sabiendo que la subpresión elemental es la componente vertical de un punto del gradiente de las presiones intersticiales, ¿se tiene visión clara del comportamiento de un terreno heterogéneo en tales condiciones?

Se comprende, no obstante, que si es poco coherente y discontinuo, sometido a esas presiones, con valores muy variables, sufre serios trastornos.

Si el terreno está cuarteado por diaclasas, fisuras, fallas o sencillamente planicies de sedimentación mal soldados, la subpresión puede originar en ellos un despegue más peligroso porque aquella fuerza no es una simple acción mecánica, sino que es hidráulica y el agua actúa sobre el terreno utilizando las más variadas armas, que en definitiva, reducen las condiciones de resistencia y de estabilidad de aquél.

Creemos que, en este caso, la causa inmediata del corrimiento, partiendo de unas condiciones iniciales propicias, fué un aumento de la tensión interna del terreno combinada con un exceso de agua, procedente del embalse y de las lluvias permanentes, que favoreció la hinchazón de las arcillas de entrelechos y redujo la resistencia al deslizamiento en un conjunto rocoso profundamente cuarteado por efectos tectónicos.

Pero el hombre tiene su mundo interno y construye las imágenes a su escala. Por otra parte, las obras que realiza, en el creciente avance dimensional de las que ahora consideramos, van alcanzado términos que ya tropiezan con la geología y requiere, por tanto, un mejor conocimiento de ésta para la debida comprensión con la obra, ya que una y otra invaden muchas veces sus respectivos ámbitos.

Sin embargo, aunque los ámbitos se confundan, los tiempos son dispares y el entendimiento del hombre no es aún, de ordinario, capaz de abarcar ni de percibir claramente el ritmo, el pulso geológico, ni, hasta cierto punto, las reacciones geológicas transcendentales "en cadena", consecuencia de motivaciones puntuales.

Su imaginación crea bellas teorías que no han llegado a formar sustancia de conciencia y no puede, sino de un modo vago, sentir los períodos geológicos, las agitaciones telúricas, los procesos tectónicos. El hombre se encuentra desfasado con tales movimientos que, con frecuencia, se le representan como sucesos esporádicos sin normas ni leyes concretas, y en los que, incluso a veces, acepta que interviene la casualidad.

De estas consideraciones y de la experiencia adquirida en numerosos casos. con diferentes modalidades, uno de los cuales es el que nos ocupa del Vaiont, llegamos a concluir que al plantear una presa que, por sus características, tenga señalada importancia, es absolutamente necesario el estudio competente y metódico del terreno, pero no ya tan sólo en cuanto hace a los cimientos y estribos que han de servir de apoyo a la presa, ni siquiera al que forme el vaso y que vaya, por lo tanto, a ser invadido alternativamente por las aguas, sino que la exploración detenida, el conocimiento, producto de un concienzudo estudio, habrá de extenderse a todo el terreno que constituye el cuenco vertiente al vaso y, más en general, a toda la región que en distintos aspectos, puede actuar o de algún modo interferir el funcionamiento del embalse.

La zona en que se desarrolló la tragedia del Vaiont, reúne todas las características que cooperan a reforzar estas afirmaciones, porque es un ejemplo de cómo

un conjunto de rocas, relativa y generalmente aceptables, puede pasar a ser enormemente peligroso en determinadas circunstancias.

Nunca debe subestimarse la acción del tiempo sobre los terrenos. La evolución de sus trances tectónicos, con las secuelas de grietas, oquedades, diaclasas y fallas puede originar profundos cambios en la estructura y si a esto se añaden los temibles efectos de la degradación, la metamorfosis y la decompresión, el cuadro tensional puede complicarse excesivamente.

Por todo ello, así como hace ya años que al estudio geológico general, debe acompañar el de la Mecánica del Suelo, ciencia moderna, pero ya hoy inseparable del Ingeniero que trata con el terreno, ha llegado el momento en que exige también su puesto la Mecánica de las Rocas, en su nueva rama específica, sin la cual podríamos hoy decir que no queda completo el conocimiento de un terreno frente a la obra que ha de colaborar con él, porque es indispensable el profundo estudio de la estructura de la roca, en su masa completa, con sus discontinuidades, con sus distintas características mecánicas y elásticas, con el proceso tensional que en ella se crea a través del tiempo.

### VIII. Cinco fases distintas en la creación de una gran presa de embalse.

En la creación de una gran presa, es necesario destacar *cinco fases o etapas*, perfectamente diferenciadas, que, aunque distintas entre sí, han de enlazarse tan fuertemente que constituyan el verdadero entramado de una sola idea: la propia obra.

Son esas etapas: *el estudio, el proyecto, la construcción, el ensayo y la explotación*.

Tiene que haber entre todas ellas la misma armonía y análoga conexión que las que deben existir entre los varios tiempos de una sinfonía, y así como en ésta alienta una idea que es la que la motiva y cuyo sentido fluye a través de sus variados temas, del mismo modo en todas y en cada una de las etapas que componen la obra de la presa, debe imprimirse la huella profunda de la unidad de destino, señal indeleble de que en cualquiera de aquellas fases están reflejadas las demás, asegurándose así el feliz proceso del conjunto.

Antes de nada, al iniciarse el programa, hay que afrontar *el estudio*; en él se reunirán toda la información y todos los elementos de juicio necesarios para el *proyecto*; y ese estudio debe realizarse de modo serio y prolijo, llevando a él los conocimientos y avances de la técnica y teniendo presente que ha de constituir el germen del futuro proyecto y de las etapas sucesivas.

De manera análoga, ha de procederse en el *proyecto* y en la *construcción*, cuidando de muy especial modo la implantación de un sistema completo de control de la presa y del terreno, que esté en condiciones de proporcionar datos eficaces, desde el momento origen de las cargas en aquella y en éste.

Una vez *construida* la presa y antes de ponerla *en explotación*, hay que destacar ese período, *el ensayo*, sobre el que hemos llamado la atención en varias ocasiones; es la puesta a punto de la obra.

Para el Ingeniero que, ante una gran presa, siente la grave y honrosa carga de la responsabilidad de su función y se identifica con ella, atraído por el espíritu profesional, esa fase de extraordinaria importancia de la primera puesta en carga,

debe ser la verdadera piedra de toque, el acontecimiento máximo que culminará la labor.

La seguirá, pues, paso a paso, la llevará con lentitud, con asimiento, con dedicación muy personal, sin perder uno solo de los mil detalles en que será bien la nueva acomodación de los tres elementos que por primera vez colaboran para formar una sola estructura: presa, terreno y agua.

Y solamente cuando se colme esta fase y todos los puntos del sistema de observación y control acusen satisfactoria conformidad, se podrá dar paso libre a la última etapa, *la explotación*, sobre la que se proyectará toda la historia de la presa.

Cuando de ese modo se lleven armonizadas, en sucesión congruente, las mencionadas etapas, se alcanzará el final de la obra con la certeza plena de que las posibilidades humanas se han cumplido y de que, por consiguiente, la presa, como pieza lograda, ha llegado felizmente a su objetivo.

Cualquier fallo, en cambio, que se produzca en ese proceso, repercutirá en algún defecto, más o menos grave, que, en el mejor de los casos, no satisfará a la conciencia profesional, ni a la justa exigencia del deber.

## IX. Responsabilidades.

Cuando ocurre una de estas grandes catástrofes y en ellas ha habido víctimas es casi inevitable que la reacción inmediata y muy humana sea lanzarse a investigar responsabilidades. Tal ha ocurrido, naturalmente, en Vaiont y no hemos de manifestar opinión en contra de que así sea. Si ha habido responsabilidades, es lógico que se busquen y es justo que se sancionen.

Ahora bien; existe un grave peligro de confusión y de error en ese instintivo deseo, en ese movimiento primario y justiciero.

Nada más lejos de nuestro ánimo que conducir este tema por cauces jurídicos; nos moveremos por avezados senderos, por los que nos lleve de la mano el deseo de acertar, guiados por la luz, tenue, pero fiel, del conocimiento básico del tema.

Creemos, en principio, que para que haya plena responsabilidad, tiene que haber libertad plena y así se juzga de la comisión de los actos humanos.

Cuando existe un imperativo de ejecutar determinado acto y precisamente por un determinado grupo de personas, al condicionarse la libertad, queda igualmente y en los mismos términos, limitada la responsabilidad.

Es evidente la necesidad de que la técnica se aplique en obras útiles; de otro modo, no existiría progreso, ni se lograría dotar a la Humanidad de ventajas y bienes enormemente satisfactorios, indispensables.

Tenemos, por tanto, que una agrupación determinada de técnicos está obligada a ejecutar obras necesarias y altamente convenientes. No es la satisfacción de un capricho; no es un acto espontáneo de libre voluntad; es tan sólo el estricto cumplimiento de un deber profesional, en el que no hay opción para hacer o no hacer la obra, sino obligación de ajustarse a la buena técnica, dentro de las normas aceptadas, en cada tiempo, por la ciencia especial de que se trate.

Indudablemente, existe un riesgo. Al afrontar una de esas obras que sabemos son necesarias, y mucho más si ello exige modificar cualquier situación natural, se corre un riesgo. Pero el mayor de todos puede consistir precisamente en no ejecutar la obra.

Si no hiciéramos embalses de regulación, muros de defensa, canales para riego:

vías de transporte, túneles, aprovechamientos eléctricos, puertos, saneamientos, ¿qué pobreza, qué malestar, cuántas víctimas, cuánta desgracia en permanecer en el atraso, en el quietismo!

Puede decirse que todas las actividades están sujetas a un riesgo, el cual proviene de la limitada capacidad del hombre, que puede dar lugar a errores de juicio, de cálculo, o de actuación.

No se limitan estos defectos a las obras materiales; surgen, y muchas veces con peores consecuencias, en las lides del pensamiento.

Y no son las obras de grandes presas las que corren riesgos mayores. Los hay también en la aviación, en el ferrocarril, en el automóvil, en el barco y, sin embargo, cada día se utilizan más estos medios de transporte y posiblemente en ellos con un más bajo coeficiente de seguridad.

Hay riesgo en la construcción urbana, en el deporte, en el juego, en las relaciones sociales; lo hay en la medicación, en el quirófano. ¿Qué más? La vida toda es un riesgo, con fracaso mortal, a plazo estadísticamente conocido.

• • •

La ejecución de una obra de gran importancia y transcendencia, plantea numerosos y delicados problemas, y, en este caso de las grandes presas, las dificultades van siendo cada vez mayores, pues si bien la técnica dispone progresivamente de medios más perfectos, quizá van más de prisa los inconvenientes a que antes hemos aludido, de haberse ido agotando las buenas ubicaciones de presas y, sobre todo, de que la necesidad creciente de aprovechar hasta el máximo el agua y la energía, obliga a buscar la posible regulación de los ríos y a construir para ello presas cada vez de mayores dimensiones. Con ello, se ha ido a un cambio de escala impresionante, que hace ya a las presas comparables a los accidentes topográficos: la altura de una presa alcanza a superar la de una importante colina; el volumen de un embalse es a veces del mismo orden que el de una montaña.

Antes bastaba, en general, con preocuparse de la acción que la presa ejercía sobre el terreno. Hoy, se ha visto que es tan necesario conocer la del terreno sobre la obra.

Cuando se afrontan estos complejos problemas, cuya solución está impuesta para atender a las apremiantes necesidades de abastecimiento, de riego, de energía, de regulación, las variables que intervienen son numerosas y no sólo de índole técnica, sino económica, social y política, y casi todas ellas juegan al mismo nivel, por lo que los técnicos directores han de tener capacidad para una acertada visión de conjunto, que requiere amplia formación cultural, juicio equilibrado y experiencia eficaz.

No siempre avanzan al mismo ritmo los conocimientos técnicos y las dificultades que deben superarse, y así ha ocurrido a veces que precisamente un desastre es el que ha permitido arrancar a la Naturaleza alguno de los secretos que ésta celosamente guarda y perezosamente deja descubrir, con lo que, al incorporarlo el hombre al acervo de sus conocimientos, se consigue un avance en la técnica.

Muchas novedades se han implantado a consecuencia de catástrofes; así, los desastres de los barcos "Liberty", las explosiones del avión de tipo Comet, los graves corrimientos del terreno en los ferrocarriles suecos, las catástrofes de presas de embalse, fueron otros puntos de partida para introducir modificaciones en la cons-

trucción, para crear nuevas técnicas o para ampliar los conceptos de temas en estudio, incorporando con ello fértiles parcelas al área del saber humano.

• • •

Es cierto que los técnicos que proyectan, que construyen o que dirigen la explotación de una presa, de una obra, en general, son responsables de su actuación. Pero, ¿sólo ellos?

Aquí, hay que detenerse un momento a meditar. No puede ser sólo un hombre el que ha de resolver todos los problemas que plantea una obra de gran alcance, ni siquiera será un equipo el único responsable, aunque verdad es que debe estar en vanguardia, con su dedicación, con su estudio, con ánimo de espíritu colectivo y lleno de ansias de superación.

Un técnico al frente de su obra, no es un elemento aislado e independiente. Gran parte de su valor moral, de su alcance técnico, de su crédito, de su prestigio se fomenta y realiza por una comunicación espiritual que recibe de los que en otros trabajos, en otros lugares, cultivan también su vocación profesional, y es, por ello, el trabajo de todos, el impulso moral de todos, el que debe sostener y acuciar el esfuerzo que aporte cada uno.

Pero, además, estas importantes obras que son las presas de embalse, ofrecen dos características peculiares en el aspecto que estamos considerando.

Por una parte, son obras que esencialmente tienden a perturbar los dispositivos naturales, geológicos e hidráulicos, cuya réplica hay que prever y dominar; por otro lado, con ellas se comprometen, en cierto modo, inmensos valores morales y riquezas materiales cuantiosísimas, que les son ajenas y que, a veces, ni se benefician directamente de dichas obras: todo lo cual obliga a considerarlas con el mayor esmero y a dotarlas con el más amplio margen en sus condiciones de seguridad y para ello, la más alta técnica de esta especialidad investiga y trabaja de modo constante en todos los países, derivándose de tales estudios y experiencias las directrices que en estos temas deben seguirse.

Precisamente, en el próximo mes de mayo, se reunirá en Edimburgo el VIII Congreso Internacional de Grandes Presas y allí se tratarán, en un ambiente de universal cooperación científica, estos problemas, y es seguro que de las múltiples aportaciones y consiguiente controversia se obtendrá un positivo avance.

Realmente creemos que en estas reuniones magnas de técnicos especialistas debe preocupar, en primer término, el conseguir las mejores condiciones de seguridad para las grandes presas y dar, a los técnicos que han de enfrentarse directamente con esas obras, las orientaciones más en consonancia con el estado actual de la ciencia.

Partiendo de esa gran fuente de doctrina y de caudalosa experiencia, que se forma y se renueva en las grandes reuniones internacionales, siguen después las publicaciones, las enseñanzas que proliferan y los intercambios que permiten ampliar el área de conocimientos de cada técnico.

Son eslabones de la gran cadena que asegura una fuerte trabazón en la técnica profesional, a través de sus diversos grados y misiones.

Es, pues, una responsabilidad colectiva la que se dibuja y somos todos los que tenemos que cooperar, conscientes de que sin esa cooperación estaríamos incursos en la responsabilidad de no entregar en cada puesto de trabajo toda el alma en favor de que la misión conjunta se cumpla.

Ahora bien; hay que ir más allá.

El Ingeniero, el técnico, individual o colectivo, es, en definitiva, un producto de la Sociedad, de toda la Sociedad; de ella sale, ella lo forma. Ella lo ampara o lo abandona.

La Sociedad, en su más amplio sentido, no puede inhibirse de la responsabilidad. Ella da o quita facilidades para que el técnico se capacite para cumplir su empeño; lo auxilia y anima en los trances difíciles, o bien se desentiende de él en los casos de apuro.

En suma, el técnico se apoya en la Sociedad y de ella depende.

Si los responsables de la política, si los dirigentes de la Sociedad, si sus distintas fuerzas representativas no cooperan, en primer término, para lograr la formación más esmerada, completa y profunda de los técnicos que hayan de enfrentarse con el problema; si no ponen en manos de ellos los medios económicos y sociales que su labor requiere; si lejos de rodearlos de prestigio, trata de menoscabarlo, restándoles alicientes y fuerza moral; si, en definitiva, se les forma un ambiente hostil o indiferente, que aminora o limita su capacidad de acción, con todo ello se les resta posibilidad de conocimiento y de entusiasmo, cosas ambas indispensables para resolver airosamente las situaciones difíciles.

Examínense, pues, a sí mismos, todos y cada uno de los elementos sociales en acción y vean si han cooperado para facilitar la formación de excelentes técnicos, para dotarlos de medios materiales, para no imponerles trabas innecesarias en su función profesional, para aligerar su espíritu de preocupaciones que no sean la obra misma, a la cual deben supeditarse intereses de más limitado alcance.

El tema de las responsabilidades es muy complejo en este tipo de problemas, y en las consideraciones expuestas quizá se encuentren motivos o razones para apartar cualquier solución simplista, que podría ser tan injusta como desacertada.

## X. Museo y lugar de estudio.

Lo que ha ocurrido en el Vaiont señala un hito singular en la historia de las obras hidráulicas. Por tanto, como sucede con los acontecimientos impares, no debemos cerrar los ojos ante ellos, sino utilizarlos en toda su eficacia ejemplar; "acertar, en suma, a convivir con la desgracia", según frase reciente.

Ya hemos dicho antes que el gobierno italiano ha dispuesto que esta presa quede fuera de servicio, por no ser económicamente posible la regeneración del embalse.

Pues bien; una de las ideas que nacen en nosotros al contemplar el tremendo suceso y catalogarlo en el cuadro de contingencias extraordinarias que pueden surgir en las obras de ingeniería, es la de considerar la gran utilidad que se deduciría de mantener este complejo del Vaiont como un aleccionador centro de meditación y de estudio.

Proponemos que, puesto que allí ocurrió una catástrofe, en desgraciado maridaje de hecatombe geológica con dispositivo hidráulico, ambos a gran escala, se organice y conserve aquel conjunto como un Museo de geología aplicada, como un santuario a donde podrían ir a aprender y a reflexionar seriamente los ingenieros proyectistas, los constructores, los geólogos, los geógrafos; en fin, cuantos tuvieran interés en deducir útiles consecuencias de estas lecciones trágicas con que la Naturaleza nos hace recordar, de vez en cuando, que también ella tiene que ser consultada cuando tratamos de interrumpir su modo de ser y de estar.

¡Qué magnífica lección práctica para los alumnos de geología ingenieril de todo el mundo, la que recibirían visitando, con profesor documentado, este lugar en el que se presenta, a escala natural, un proyecto de los hombres, producto de una buena técnica y desbaratado por un fenómeno geológico!

¡Cómo aprenderían que los corrimientos, los deslizamientos de los terrenos que las fracturas de las rocas, que las diaclasas, que el coeficiente de rozamiento que los efectos de la subpresión, no son simples definiciones, o temas teóricos, que muchas veces se explican en una excursión de geología, refiriéndose a remotas circunstancias o a sucesos ocurridos hace cientos o miles de siglos!

Pero también los geólogos y los ingenieros experimentados adquirirían mayor seguridad en sus ideas sobre la relación que debe haber entre el estudio del proyecto de la obra y el conocimiento del terreno, así como en cuanto a la extensión de aquél a todo el ámbito del cuenco que vierte al río.

Tanto como el aspecto geológico fundamental, tendría interés el problema hidráulico creado por el corrimiento y que, en gigantesco modelo, indicaría la magnitud, el curso y los efectos de la enorme y violentísima avenida, de pocos minutos, pero de grandes y tristísimos efectos.

¡Qué expresiva lección demostrativa de las virtudes mecánicas de una presa bóveda bien apoyada y, al mismo tiempo, qué ejemplo patente de que también lo imprevisible, lo insólito, puede acaecer, abrumándonos con su tremenda realidad!

Italia, maestra en la organización, podría disponer con su buen sentido insuperable, ese inmenso Museo Hidrogeológico, para la visita fácil y eficaz, que resultaría de honda impresión y provechosa enseñanza para todos.

Creemos sinceramente que estos estudios allí realizados por personas conscientes y en el ambiente profesional, serían de magníficos efectos, no solamente en el orden técnico, llevando al ánimo un deseo de perfección en el conocimiento, sino también por lo que pudiera significar de homenaje respetuoso a las víctimas de la catástrofe y como impacto espiritual que, al representar a cada uno las circunstancias profesionales en que habrá de encontrarse en la vida, contribuiría a reafirmar el sentido de auténtica responsabilidad ante sí mismo, y el de la conciencia profesional colectiva, a través de la cual ha de mantenerse el técnico enlazado con cuantos deben responder de sus obras ante la Sociedad, objetivo final de todos nuestros trabajos y afanes.

## XI. Era de transición.

Después de las consideraciones anteriores, sobre un acontecimiento trascendente, que, aparte de las consecuencias trágicas habidas, presenta facetas de extraordinario interés técnico y profesional, queda en el ánimo una zozobra, un descontento por el limitado alcance de las posibilidades humanas, un trance, a la vez resignado y ansioso, una inquietud espiritual, como intento de desasirse de alguna trabazón que impidiera el vuelo, que frenara la aspiración suprema de perfección.

El hombre evoluciona incesantemente, es verdad; pero con gran lentitud. A pesar de los avances conseguidos, todavía está, sin duda, en la infancia de su desarrollo intelectual.

Creemos francamente que, mientras existan sobre el área terrestre zonas inmensas en las que habitan cientos de millones de seres humanos hambrientos y mientras que haya todavía en ella multitud de tribus absolutamente salvajes, tenemos

que admitir que el hombre que se llama civilizado no ha recorrido aún muy largo trecho en el camino del progreso, ya que carece del signo de hermandad universal que debía distinguirlo.

No nos asombremos, si todavía apenas conoce el suelo que pisa. Hasta hace poco, ni le importaba; hoy, empieza a interesarle, pero en tanto que descubra su verdadera esencia y pueda atisbar sus movimientos, pasarán quizá decenas de centurias.

El inmenso horizonte que al hombre se ofrece para la investigación, en todos los aspectos que presenta la Naturaleza, ni aun con el ritmo actual de los avances técnicos se alcanzará, sino después de muchas generaciones. Y esto, a pesar de que dispone en sí mismo del instrumento capaz de despejar todas sus incógnitas.

Cuando logre el dominio de aquel horizonte luminoso, ¿qué pensará el hombre acerca de los "cerebros electrónicos" que hoy pergeña y que pueden llegar a estar arrinconados como trastos viejos, tan pronto consiga mejorar algún tanto el rendimiento de la portentosa, casi milagrosa, máquina cerebral de que está dotado?

Está bien a la vista, por otra parte, que vivimos una era de transición, una época en que se están rompiendo, con violentos chasquidos, las amarras de enlace con el pasado y se avizora algo muy superior que el porvenir ofrece a la Humanidad.

No hay, pues, que extrañarse por los nuevos conceptos, por la extrapolación de casos insólitos, por la agitada ebullición de las mentes creadoras. No procede medir los movimientos ideológicos con el antiguo raseró.

Se acusará, quizá, algún desajuste, sorpresas de desacomodación, pero eso es lo natural en una etapa que está a caballo entre dos edades.

Dejemos sin pena la luz macilenta, amortiguada quizá por el desaliento y la rutina, y recibamos, con gesto alegre y optimista, la promesa de un mundo renovado, en el que una teoría de generaciones debe desarrollar magno programa, del que ya advertimos se perfila con nitidez un audaz prólogo, cuyo plan es nada menos que definir al hombre en todos sus valores, colmar las apetencias de su espíritu y enseñarle a gozar el mundo del que Dios le ha concedido el cetro.

Lo que ahora nos compete es disponernos a ser merecedores de alzar en nuestras manos la nueva antorcha de ese futuro brillante, que debe traer a los hombres prosperidad y alientos para muy altas empresas.

---