

2

SOCIEDAD GEOLOGICA DEL PERU
PRIMER CONGRESO NACIONAL DE GEOLOGIA
ANALES - PARTE II

Tomo 32

Pág. 87-95

Lima, 1957

EL PROBLEMA DE LAS LAGUNAS DE LA
CORDILLERA BLANCA

por

JAIME FERNANDEZ CONCHA *

CONTENIDO

	Pág.
Síntesis	87
Introducción	87
Origen de las lagunas	89
Estudios realizados	93
Lagunas peligrosas	94
Mecanismo de la ruptura de los diques	94
Medidas de control	95

SINTESIS

La Cordillera Blanca tiene 170 Km de longitud y en ella están ubicados 230 lagunas cuyos diques son de morrena, de roca, ó de cono de escombros. En los últimos años se han producido cuatro aluviones de carácter destructivo. Se presenta una clasificación de las lagunas, desde el punto de peligro que encierran. Se describen los estudios realizados y la observación de la forma como se produce la ruptura de los diques de las lagunas glaciares. Se describe las medidas de control. Se indica que aún existen 11 lagunas peligrosas en la Cordillera Blanca.

INTRODUCCION

La Cordillera Blanca tiene una longitud de 170 Km y corre paralelamente al rio Santa desde la laguna Conococha, por el S, hasta un lu-

* Geólogo, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros.

gar denominado Champará, por el N. Es la divisoria continental de las aguas que van al río Santa y de las que van al Marañón. En esta enorme extensión existen 230 lagunas originadas por los deshielos de los extensos y numerosos nevados y glaciares; de ellas, 162 están ubicadas en la cuenca del Santa y las 68 restantes en la cuenca del Marañón.

La ruptura de los diques de algunas de estas lagunas, ha dado origen en diversas épocas a destructores aluviones que han destrozado grandes extensiones de terrenos de pastoreo, de zonas cultivadas y en algunos casos ciudades, con la pérdida de numerosas vidas. Los cuatro últimos que han ocurrido en esta zona son: 1) el que destruyó parte de la ciudad de Huaraz yegó la vida de numerosas personas el 13 de diciembre de 1941, proveniente de la ruptura de dos lagunas dentro de la quebrada de Cojup, que descargaron más de 4'000.000 de m³ produciendo además el aluvionamiento de la quebrada Quilcay que pasaba por la parte N de la ciudad de Huaraz; 2) el de la quebrada de Ulta, que se produjo por la ruptura del dique de la laguna Artesa, produciendo solamente la destrucción de pestizales, no ocasionando pérdidas de vida; 3) el ocurrido al destruirse una laguna en las cabeceras de la quebrada Huantsán en 1945, produciendo la destrucción de parte de la ciudad de Chavín, enterrando la valiosa ruina conocida con el nombre "Castillo de Chavín" y segando la vida de gran número de personas, entre ellas la del Prefecto del Departamento de Ancash; y 4) el que ocurrió en la madrugada del 20 de Octubre de 1950, al producirse la ruptura del dique de la laguna Jankarurish la que al bajar por la quebrada de Los Cedros produjo la destrucción de numerosas estructuras construídas por la Corporación Peruana del Santa, la obstrucción del túnel principal de la obra y los de la carretera Hidro-electra-Caraz, y la destrucción de numerosos tramos de la misma carretera y de la línea férrea Chimbote - Huallanca.

Después de este último desastre se creó en el Ministerio de Fomento la Comisión de Lagunas de la Cordillera Blanca, que fué presidida originalmente por el Ing^o. Don Pablo Boner, la que decidió hacer un estudio minucioso de todas las lagunas de dicha cordillera para establecer si existían aún otras lagunas que ofrecieran peligro de romper sus diques y originar aluviones destructores.

Los resultados de la investigación antes mencionada se encuentran condensados en el presente trabajo.

ORIGEN DE LAS LAGUNAS

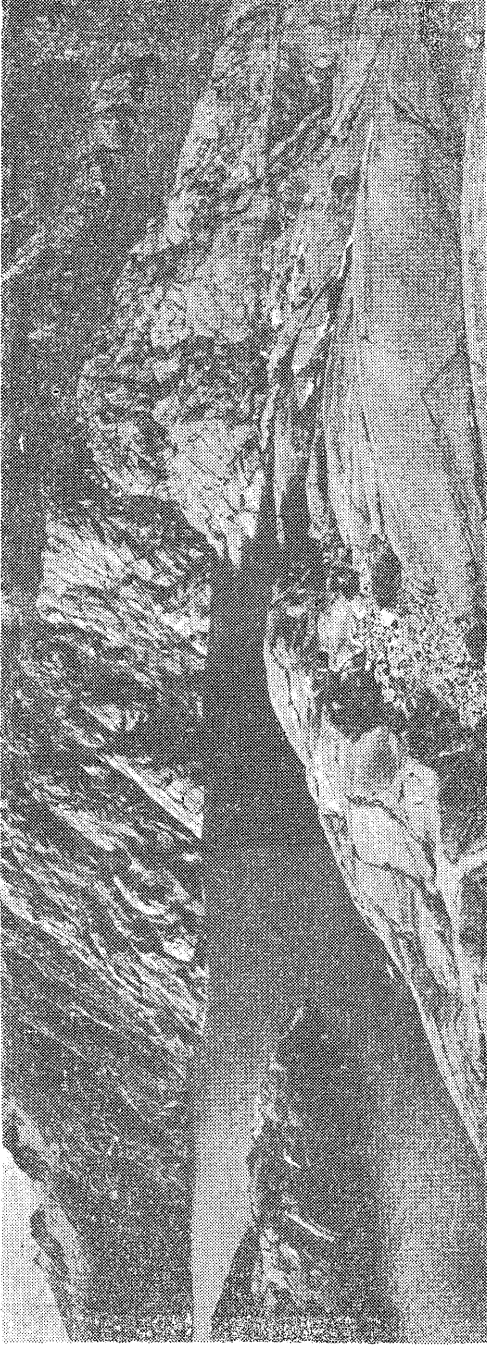
El origen de la gran mayoría de las lagunas es directamente glaciar, es decir producido por la acumulación del agua de deshielo de los glaciares en cubetas labradas y formadas por los glaciares mismos; un pequeño número de lagunas no son directamente glaciares, pues han sido originadas por el represamiento de agua debido a derrumbes de las empinadas paredes de los valles, o por la coincidencia de dos conos aluviales que han producido el mismo efecto.

Los diques de las lagunas de origen glaciar son de dos tipos: de roca y de morrena. Los diques de roca ocurren cuando el glaciar, en su avance, produce una excavación en roca viva, que es rellenada posteriormente con agua cuando éste se licúa. Tiene este tipo de dique las lagunas Ausquiscocha y Cullicocha (F. 1).

Los diques morrénicos son depositados por los glaciares, que van normalmente flanqueados y precedidos de material rocoso desagregado, compuesto de arena fina y fragmentos de piedra de diversos tamaños, sin seleccionar. Estos materiales sueltos están arrancados y arrastrados por el glaciar y finalmente depositados en el lugar donde el glaciar se estaciona, formando un verdadero cinturón de material inconsolidado de sección triangular y pendientes muy fuertes, que varían entre 30° y 45°. Cuando, como en el caso anterior, el glaciar que lo originó se ablaciona, es decir, se licúa, el agua se acumula en una cubeta de paredes totalmente inconsolidadas y generalmente de fuerte pendiente (F. 2 y 3). Son muy numerosas las lagunas con este tipo de dique, siendo ejemplos típicos Llaca é Ishinka.

Los diques de un tercer grupo de lagunas, que llamaremos "lagunas con dique de escombros" pueden originarse por el derrumbe de las paredes del valle, o por la acumulación de material detrítico acarreado por riachuelos laterales de fuertes pendientes, que depositan su carga en el valle principal formando un cono de poca pendiente. En varios lugares se han producido coincidencias de dos conos aluviales o de un cono aluvial y otro de derrumbe, dando como resultado el represamiento del riachuelo de la quebrada principal y formando, por consiguiente, una laguna. Ejemplos clásicos de lagunas de este tipo de dique son las de Que-rococha y Yanganuco (F. 4, 5).

Hemos elaborado una clasificación de lagunas teniendo en cuenta su grado de seguridad y su posición con respecto a los glaciares y tomando en



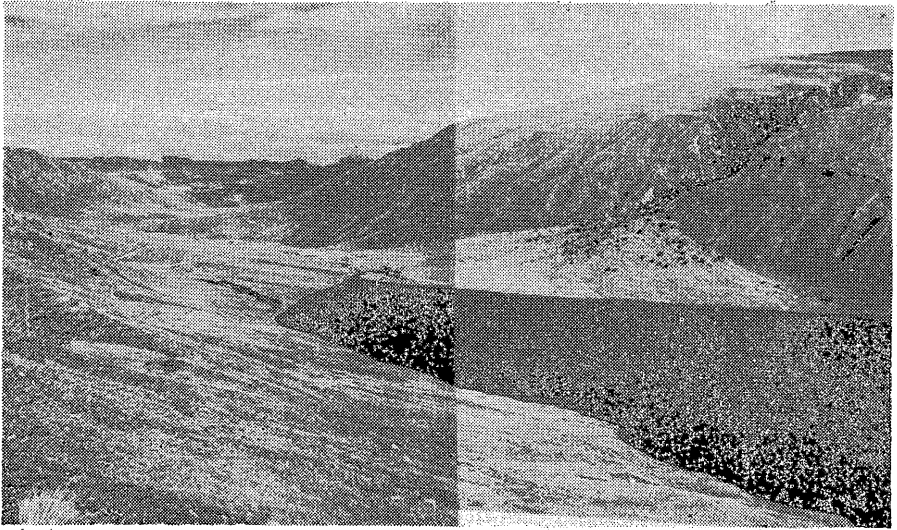
Fot. 1. Dique de roca, laguna Cullicocho



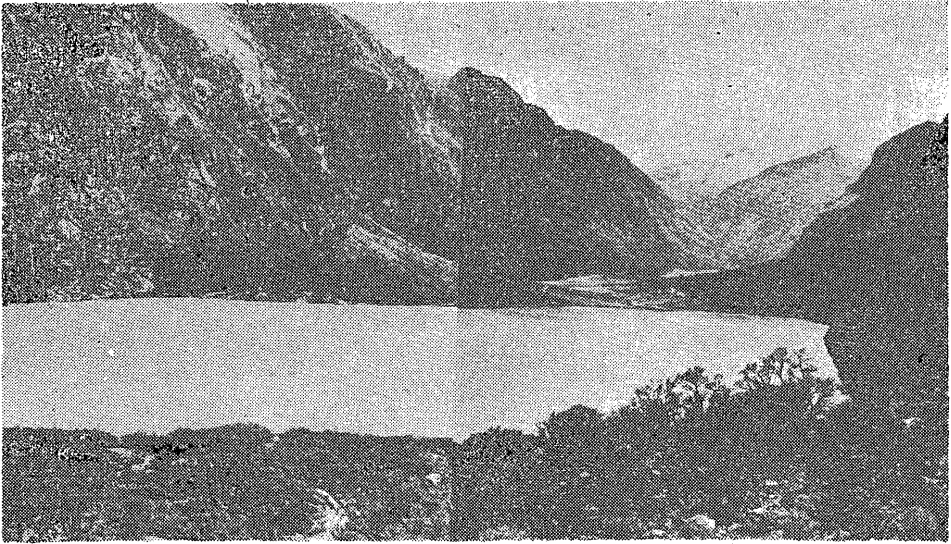
Fot. 2. Dique morrénico de laguna Tuliparraju. El glaciar al fondo con una cobertura de morrena superficial. Este dique fué cortado.



Fot. 3. El dique morrénico de Cojup, causante del aluvión de Huaraz. Obsérvese en el corte la sección triangular de la marrena lateral.



Fot. 4. Laguna Querococha formada por dos conos aluviales.



Fot. 5. Dique de laguna Yanganuco formado por dos conos de escombros.

consideración también la naturaleza del dique de contención de las mismas. Esta clasificación es la siguiente:

- A) Lagunas en contacto con glaciares
 - 1) Lagunas con diques morrénicos.
 - a) Diques de fuerte pendiente
 - b) Diques de poca pendiente
 - 2) Lagunas con dique de roca.

- B) Lagunas sin contacto con glaciares
 - 1) Lagunas con diques morrénicos
 - 2) Lagunas con diques de escombros
 - 3) Lagunas con diques de roca.

Desde el punto de vista del peligro que encierran los diferentes tipos de lagunas para romper sus diques y producir aluviones devastadores, se ha establecido que las más peligrosas son las lagunas A-1-a, es decir las que tienen diques morrénicos de fuerte pendiente y que se encuentran en contacto directo con glaciares. Bloques de hielo de grandes dimensiones,

al desprenderse de un glaciar y caer en la laguna situada al pie del mismo, pueden causar un aumento de nivel y oleaje que traen como consecuencia el desborde y la destrucción parcial o total del dique.

El siguiente tipo con menor peligro es el B-1, es decir lagunas con diques morrénicos alejadas de glaciares. Su peligro estriba en que fuertes lluvias o desagües de otras lagunas pueden aumentar bruscamente su nivel, aumentando por consiguiente, la descarga del riachuelo de salida y produciéndose erosión en el dique.

El tipo siguiente, con menor peligro que el anterior, es el B-2 y por último los otros dos grupos, A-2 y B-3, o sean lagunas con diques de roca, son totalmente seguras.

ESTUDIOS REALIZADOS

Se realizó un estudio integral de toda la Cordillera Blanca en las aerofotografías estereoscópicas del Servicio Aerofotográfico Nacional, habiéndose materializado este reconocimiento en un mapa preciso en una escala 1:100,000 que muestra la ubicación, naturaleza de los diques y peligrosidad de cada una de las lagunas de la cordillera. La investigación fué completada con el estudio detallado de 45 lagunas, la mayor parte de las cuales se encuentran en la cuenca del río Santa. De muchas de estas lagunas se han confeccionado planos topográficos en escalas al 1:5,000 ó 1:10,000, así como planos detallados, en una escala 1:100, de la zona de la boquilla de aquellas lagunas en las que se decidió efectuar obras de consolidación.

Se han numerado correlativamente todas las lagunas de la cuenca del Santa, del N hacia el S, con números que van del 1 al 160 inclusive y los glaciares con números que van del 500 al 519. En la cuenca del Marañón se han numerado las lagunas a partir del número 300 al 368; esto se ha hecho con el objeto de distinguir de inmediato a que cuenca pertenece una laguna. Los glaciares de esta cuenca están numerados del 800 al 803 inclusive.

En el plano se indica con símbolos diferentes las lagunas de distinto tipo de dique, así como también los glaciares que tienen posibilidades de formar lagunas. Se ha indicado, también con colores, las lagunas peligrosas, las consolidadas y las estudiadas por la Comisión. Se acompañó al plano un índice gráfico de todas las lagunas, ordenado correlativamente por sus números. En él se indicaba el número de la aerofotografía donde aparece la laguna, el nombre de ella, sus dimensiones, el tipo de

dique, observaciones y varios datos más; también se confeccionó un índice alfabético de las lagunas y glaciares que tienen nombres conocidos.

Se ha encontrado que existen en la cuenca del Santa 162 lagunas, que se pueden agrupar de acuerdo con la naturaleza de sus diques de contención en la siguiente forma:

Lagunas con dique de roca	56
" " " " morrena	89
" " " " escombros	15
" " " " morrena y roca	2

En la cuenca del Marañón, hay 68 lagunas cuyos diques de contención permiten agruparlas en la siguiente forma:

Lagunas con dique de roca	35
" " " " morrena	30
" " " " roca y escombros	1
" " " " roca y morrena	2

LAGUNAS PELIGROSAS

Se ha establecido que las lagunas que ofrecen más peligro son aquellas que están limitadas por diques morrénicos de fuertes pendientes y particularmente las que tienen su morrena constituida por un material arenoso; existen otras que presentan menos peligro, en cuyos diques el porcentaje de arcilla presente los hace más resistentes a la erosión. Es particularmente importante la presencia de capas de arcilla negra muy tenaz de origen glaciario, que son sumamente resistentes a la erosión causada por los riachuelos de salida de las lagunas, la que en muchos casos ha sido un factor determinante para controlar la rápida erosión ya iniciada en un dique.

Al presente aún existen once lagunas consideradas como peligrosas en la cuenca del Santa, en las que todavía no se han iniciado trabajos de consolidación y que representan una amenaza para la vida y los intereses de los pobladores del valle del Santa.

MECANISMO DE LA RUPTURA DE LOS DIQUES

Hasta el presente siempre se ha especulado sobre el posible origen de la ruptura de los diques de las lagunas glaciares, pues el observador ha llegado al lugar varios días después de ocurrido el suceso. Pero durante los

LAGUNAS DE LA CORDILLERA BLANCA

trabajos de consolidación de las lagunas se ha podido comprobar que el mecanismo que produce la destrucción de los diques morrénicos es debido a la caída dentro de la laguna de grandes masas de hielo del glaciar adyacente o de deslizamientos de grandes proporciones de las paredes de las morrenas laterales que se hallan al borde de la laguna y que normalmente tienen una pendiente que es muy superior a su ángulo de reposo. La caída de estos materiales dentro de la laguna determina que se produzcan los siguientes fenómenos: 1) una elevación del nivel de la laguna; 2) un movimiento de balanceo de la masa total de agua de la laguna y 3) una ondulación u oleaje superficial. La coincidencia de estos tres factores ha determinado en el caso de la laguna Tullparraju, situada en las alturas de Huaráz, que el nivel del agua se levante hasta 12 m encima del nivel normal de la laguna. Esta enorme y anormal elevación del agua produce la salida de un flujo grande de agua que determina la rápida erosión del canal de salida, que será más veloz si la pendiente del mismo es fuerte. Es común durante este proceso la formación de cataratas de altura variable las que van retrogradando hacia la orilla de la laguna, produciéndose al llegar a la laguna misma la salida de una masa de agua mucho más grande que la que salía hasta ese momento. Al aumentar el gasto del río de salida, aumenta proporcionalmente la erosión del dique, hasta producirse su destrucción total. Es en esta forma que se produjo la destrucción del dique de Jankarurish, en octubre de 1950 y la forma probable como se destruyó la laguna Palcacocha, en la quebrada de Cojup y el proceso que se inició en la laguna de Tullparraju, el 23 de diciembre de 1953, el que afortunadamente fué detenido por la presencia de tenaces capas de arcilla y por la rápida actuación del esforzado personal técnico y obrero que labora en las cumbres de la Cordillera Blanca.

MEDIDAS DE CONTROL

Para evitar el rebalse violento en las lagunas clasificadas como peligrosas, se decidió producir por medios artificiales una elevación del "borde libre", entendiéndose por tal la distancia vertical entre el espacio de agua y la cota más baja del dique. Esto se consigue efectuando con grandes precauciones un corte en el dique que no debe pasar de 8 m de profundidad y rehaciendo posteriormente el dique mediante una represa de tierra a través de la que se deja un tubo que puede ser de concreto o de acero. La superficie de la represa se reviste de un enrocado para evitar la erosión.

Se ha encontrado conveniente que los cortes no sean más profundos de 8 m. pues de ser mayor, al bajar el nivel de la laguna se dejan colgados bloques de hielo en el frente del glaciar de alturas proporcionalmente mayores. En el caso de la laguna Jankarurish en la quebrada de los Cedros, el nivel de la laguna fué bajado 18 m, produciéndose en esta etapa el volteo de inmensos bloques de hielo de más de 50,000 m³ cada uno, que determinaron la salida de una inmensa cantidad de agua, la erosión del canal de salida y la ruptura total del dique.

