

Evidencias del llamado efecto invernadero en las regiones australes de Chile

REINALDO BÖRTEL OLIVARES

*Instituto de Geografía
Pontificia Universidad Católica de Chile*

RESUMEN

Desde el año 1982 se observa con mayor evidencia que en años anteriores, una serie de alteraciones en el comportamiento de la atmósfera terrestre. Algunos de estos cambios se aprecian en la mayor altura en que se sitúa la isoterma de 0° hecho demostrado por el piso nivel más elevado, mayor torrencialidad de los ríos, aumento del factor inundación y de los deslizamientos de laderas, etc. Acompañando una breve introducción sobre el tema del Cambio Global y el Efecto Invernadero se describe lo acontecido el día 16 de marzo de 1989 en la zona del Lago Bertrand, a los 46 grados de latitud sur y 73 grados de longitud W de Greenwich.

RÉSUMÉ

C'est a partir de 1982 que la conduite de l'atmosphère présente des alterations inédites, Le plus ahuteur qui atteint l'isotherme de 0 degrés, mettre en évidence une majeure torrencialité des rivières, augmentation du facteur inundation et des glissements de terres, etc. Avec une bref introduction sur le "Changeament Globale" et "L'effect Invernadero" l'ouieur présente un evenement catastrophique declanché le 16 mars 1989 dans le lac Bertrand a 46 degr éslatitudes Sud et 73 degrés longitude W de Greenwich.

Desde el año 1989 a la fecha numerosas catástrofes naturales, específicamente ligadas a condiciones meteorológicas excepcionales, han afectado a Chile. A través de investigaciones realizadas en el terreno, se ha podido comparar situaciones de desastre en la zona central del país y en la zona austral (1). De los análisis comparativos realizados en las cuencas de los ríos Mapocho y Cisnes, el primero en la Región Metropolitana y el segundo en la XI Región, se desprende que la dimensión espacial de los cambios meteorológicos supera largamente los 1.500 kms en el sentido N-S, abarcando un territorio que se estira entre los 33 grados y los 46 grados de latitud

Gracias al financiamiento aportado por la Dirección de Investigación - Vicerrectoría Académica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha sido posible hacer observaciones al interior de este dilatado territorio y, entre otros acontecimientos, describiremos lo acontecido en la cuenca superior del lago Bertrand, suceso ocurrido en marzo de 1989.

Sin embargo, antes de entrar a esta descripción geográfica, se expondrán algunos antecedentes introductorios relativos al concepto de "Cambio Global" y "Efecto Invernadero", ya que los sucesos de desastre que se describen, aunque puntuales, se insertan en el marco planetario que afecta a la Tierra en otros lugares distantes de la nuestra.

"EL CAMBIO GLOBAL Y EL EFECTO INVERNADERO EN CHILE"

Respecto del llamado "cambio global" conviene puntualizar algunos hechos, aparentemente contradictorios, que se inscriben al interior de este complejo proceso natural. En primer término, dentro de esta complicada malla de variables que comprende el comportamiento de la masa atmosférica, se inscribe la reacción de los componentes del aire a los productos que emanan de la superficie terrestre y que contaminan la atmósfera; entre éstos el CO₂, el dióxido de carbono, el metano y los CFC (clorofluorocarbonos). Expresiones de estos aditivos a la masa atmosférica son el llamado "efecto invernadero" y la disminución que espasmódicamente experimenta la capa de ozono, localizado en las zonas polares y con mayor evidencia en el polo sur, sobre el continente Antártico.

El "efecto invernadero" se genera a partir de la importancia de CO₂ en la atmósfera, ya que este gas, a diferencia del O₂ y del N -nitrógeno- absorbe las radiaciones infrarrojas, disparándolas en todas direcciones y como conductor térmico tiene la capacidad de regular la temperatura terrestre. Este fenómeno afecta principalmente a las capas bajas de la troposfera inferior, ya que la atmósfera, por su conducta diatérmica, sólo se recalienta por mecanismos de irradiación, esto es, desde la superficie de la Tierra hacia arriba. Por lo tanto, la actividad humana que recicla energía térmica y de contaminantes por la

explotación de los recursos naturales, es la causa más importante del "efecto invernadero". Estimaciones globales permiten indicar que en los últimos cien años, la temperatura media de la Tierra se ha elevado de 14,4 grados C a 15,3 grados C, lo que implica un aumento del orden de 0,9 grado C en el período indicado (2).

A la fecha actual, 1992, ya existe una preocupación mundial por este proceso, aparentemente irreversible, dada la dependencia tecnológica que enlaza las necesidades de desarrollo con la explotación de recursos naturales. Por otra parte, la carencia de investigaciones globales sobre la compleja malla de procesos que interactúan en la superficie de la Tierra, hace imposible definir causas y efectos, con objetividad y convicción tales, que ellos configuren la necesidad de cambios tecnológicos que conduzcan a la producción de energía limpia, no contaminante. En este sentido, la brecha entre países desarrollados y los otros, se ensanchará a niveles mayores que los actuales, con implicancias ideológicas y de enclausamiento, fundamentado en aspectos de soberanía, nacionalismo y autarquía en el tratamiento de sus economías locales. Del mismo modo como EE.UU. se resiste a revertir la tecnología de producción de recursos, porque afectaría la estabilidad política y social de ese país, Brasil se resiste a impedir la destrucción de la Amazonia; Japón trata de convertir en astillas los bosques del planeta con la complacencia de los subdesarrollados, que ven en esta entrega del recurso forestal un ingreso en moneda dura, etc.

El origen de esta denuncia global descansa en la ausencia de oportuna investigación científica sobre los recursos de la Tierra; la tecnología ha ido por delante de la identificación de la malla de producción que, al igual que una crisálida, envuelve cada recurso terrestre. Esta brecha entre tecnología y progreso científico, en materia de recursos naturales, se ha acelerado violentamente con la llegada del satélite y la computación. Estas herramientas son, en los albores del s. XXI lo que fue la primera piedra en la mano del hombre prehistórico, instrumentos para la obtención de recursos y dominio espacial.

La falencia de investigación científica en los países subdesarrollados ahonda la brecha, ya que estos países carentes o con muy bajo desarrollo científico, adquieren tecnología avanzada, la cual descargan sobre recursos aún no investigados, con resultados impredecibles. En Chile, tenemos ejemplos evidentes de la creciente presión que la moderna tecnología ejerce sobre los recursos, con implicancias culturales, sociales y económicas en el largo plazo; tal es la presión que ejerce la minería sobre el recurso agua en las zonas áridas y semiáridas del norte, provocando una planificada y fría erradicación de la actividad agraria tradicional, acompañada del desarraigo de sus pobladores desde los valles y oasis hacia las ciudades; la permuta de una merced de agua por una

casa en la ciudad cercana es, en términos culturales, el desplome de una sociedad agrícola que había llegado después de varios milenios a equilibrar la existencia de un recurso con una economía de mantención en torno a la satisfacción de necesidades básicas. En términos del recurso mismo y de la biodiversidad ambiente, la aceleración que impone la minería en el proceso extractivo del agua, provoca desequilibrios que desconectan la fluidez del recurso entre sus fuentes de origen y los captos; no es difícil prever que las fuentes superficiales de aguas y su posterior escurrimiento pasen a transformarse en aguas artesianas de difícil retomo a la superficie y, de suceder esto, con alta contaminación química. La existencia de fallas y diaclasas en las rocas del desierto nortino asegura un cambiante y errático camino al escurrimiento de las aguas superficiales. La vegetación y la avifauna del desierto carecerán del recurso que hace posible la identidad ecogeográfica del paisaje desértico.

Una investigación científica oportuna habría estudiado las alternativas para introducir una nueva tecnología minera, sin malograr irreversiblemente la cultura de los pueblos ni los recursos existentes. En este sentido, estamos asistiendo a un efecto "boomerang" al interior del cual, impactos irreversibles terminarán por malograr a los usuarios el agotamiento del recurso, lo que hará insostenible la continuidad de la actividad extractiva.

Otro ejemplo de la presión tecnológica sobre los recursos es la permisiva intromisión de empresas japonesas en los recursos forestales. El bosque austral, desde los 41 grados de latitud S hasta el extremo meridional del territorio chileno es, en su mayor parte nativo, degradado por la carencia de fósforo y nitrógeno en el suelo, nunca sometido a técnicas de manejo y expoliado por la actividad ganadera desde la primera cuarta parte de este siglo; un bosque sobremadurado en las zonas litorales e insulares, cuyos renovales no logran alcanzar un desarrollo eficiente por carencia de biomasa derivada de una pedogénesis débil. Este bosque así definido es un recurso, fácil presa de la expansiva industria japonesa; si a eso se une la impotencia de los científicos y técnicos nacionales por detener procesos de comercialización en marcha, políticas macroeconómicas que gestionan y estimulan este proceso extractivo de la madera, ignorancia de muchos sobre el rol que el bosque, aunque degradado, tiene en los procesos de la biodiversidad ambiental; las consecuencias que esta intervención comercial tendrá sobre la calidad de vida sólo serán apreciadas transcurridos varios años después que las últimas "astillas" sean llevadas fuera del país.

Esta situación marcará la destrucción por erosión de los frágiles suelos de la Patagonia, que en su mayor parte son de origen volcánico y que este proceso da lugar a un mayor aporte de sedimentos en los

ríos; intensificación de la torrencialidad hídrica, embancamiento del litoral con pérdida, por sepultación, de los recursos marinos; debilitamiento del factor evapotranspiración potencial de la vegetación, deslizamientos en masa de laderas inestables por ausencia de retención radicular, repulsión a la habitabilidad regional y por este camino podría llegarse hasta menoscabar la soberanía territorial por inmovilidad económica y falta de población.

Para la Geografía y los geógrafos, no es difícil elaborar el cuadro global del espacio donde interactúan procesos de variada complejidad, ya que su misión profesional es cuantificar, inventariar y jerarquizar las variables que componen el paisaje físico y cultural, con fines a su ordenamiento y equilibrio. La falta de investigación sostenida e intensa en este campo, impide contar con la información oportuna y que anteceda a la intervención tecnológica o de decisiones políticas, respecto de la ocupación del espacio geográfico. Este no es un problema nacional; aun en los países llamados "desarrollados" existe igual falencia de información básica sobre el medio natural y cultural, por lo que el llamado "cambio global" une a todo el planeta en el mismo proceso.

Con respecto al "efecto invernadero" tenemos en Chile notorios ejemplos de este proceso. Nuestro país presenta desde su extremidad norte hasta la latitud de Valdivia, la presencia de la llamada "capa de inversión térmica". Hasta hace pocos años, esta capa se situaba hacia los 2.000 m.s.n.m.; investigaciones realizadas a través del financiamiento de la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile -DIUC- en las cuencas de los ríos Mapocho en la Región Metropolitana y Cisnes en la XI Región, han mostrado un cambio en los procesos de torrencialidad, en la mayor altura de la línea de las nieves, en el nivel de la napa freática que se empobrece por la mayor violencia que alcanza la escorrentía superficial, en la fragmentación de las lenguas terminales de ventisqueros y heleros, etc. Todos estos hechos se vinculan con un umbral térmico de la isoterma de O grado, la cual se sitúa a partir de 1982 hacia los 2.500 m.s.n.m. en la Región Metropolitana y hacia los 2.000 metros en la cuenca del Río Blanco, afluente meridional del Río Simpson, situado en la latitud 46 grados S y 72 grados longitud oeste. Estas observaciones nos indican un piso nival de alrededor de 500 m más alto en la zona central de Chile y unos 300 m en la zona austral.

"ACIADO CATASTROFICO DE LA LAGUNA DEL CERRO LARGO, EN EL BORDE ORIENTAL DEL CAMPO DE HIELOS NORTE - XI REGION"

La laguna del Cerro Largo se sitúa a los 46 grados 57' de latitud sur, sobre la cornisa oriental del Cam-

po de Hielos Norte, al E. del Monte San Valentín, Esta laguna es una de las fuentes de alimentación del río Soler, el cual, a su vez, desagua a los Lagos Plomo y Bertrand, antes de su llegada al Lago General Carrera nivel de base local para todo este sistema hidrográfico. Numerosas lagunas se agregan a este conjunto, en el cual participan el Ventisquero Soler y la Laguna Soler, como importantes fuentes de alimentación para este complejo sistema torrencial, de características glacio-nivales, en su régimen de escurrimiento. (Fig. 1).

Es prematuro analizar las causas de este evento y otros parecidos que han estado ocurriendo en la zona austral de Chile, dado que se carece de estaciones meteorológicas y observaciones glaciológicas continuas en esta parte del territorio nacional.

Sin embargo, es útil dejar constancia de lo que está ocurriendo en esta zona meridional del continente, y aunque se trata de un hecho puntual, se inscribe en el cuadro general del llamado "cambio global" que afecta al planeta Tierra.

A este antecedente deben agregarse otros de simple constatación a través de observaciones aéreas registradas desde 1966 a la fecha. En efecto, el nivel inferior de las nieves estacionales ha experimentado una elevación en altitud, cuestión que queda de manifiesto al notar que la línea de máximo avance de los ñirres (*Nothofagus antarctica*) queda unos 200 a 250 metros por debajo de la actual de nieves estacionales; con anterioridad al año 1980 el piso superior del avance de los ñirres era la línea inferior de la nieve estacional; considerando que esta vegetación no ha experimentado cambios en su cota de avance en altura, sólo queda suponer que las nieves se han recogido a mayor altura.

Por otra parte, heleros y ventisqueros locales en los alrededores de Cerro Castillo (2.315 m.s.n.m) presentan una activa destrucción de sus lenguas terminales, presentando el piso del máximo avance glacial un verdadero caos de grandes trozos de hielo fragmentado y con evidencias de haber sufrido derrumbes catastróficos. Finalmente, y como antecedente adicional, vale la pena considerar la percepción ambiental descrita por los pobladores de la región, los cuales notan una sequía progresiva con menos días fríos en la estación invernal y escasa precipitación nival. Todo esto comienza a partir de la década de los años ochenta (3).

El proceso de desastre iniciado el día 15 de marzo de 1989 en la zona del Lago Bertrand y Río Soler se produjo, a lo menos, por dos oleadas de descarga desde la Laguna del Cerro Largo. Esta tiene unos 2,5 km de largo por 1 km de ancho medio; presenta forma de riñón y una profundidad superior a los 100 metros. De acuerdo a la carta Regular del IGM (hoja Chile Chico N° 4600-7100) está situada a una altitud del orden de 600 m, siendo el nivel de base lacustre inferior el lago General Carrera, cercano a los 200 m (3).

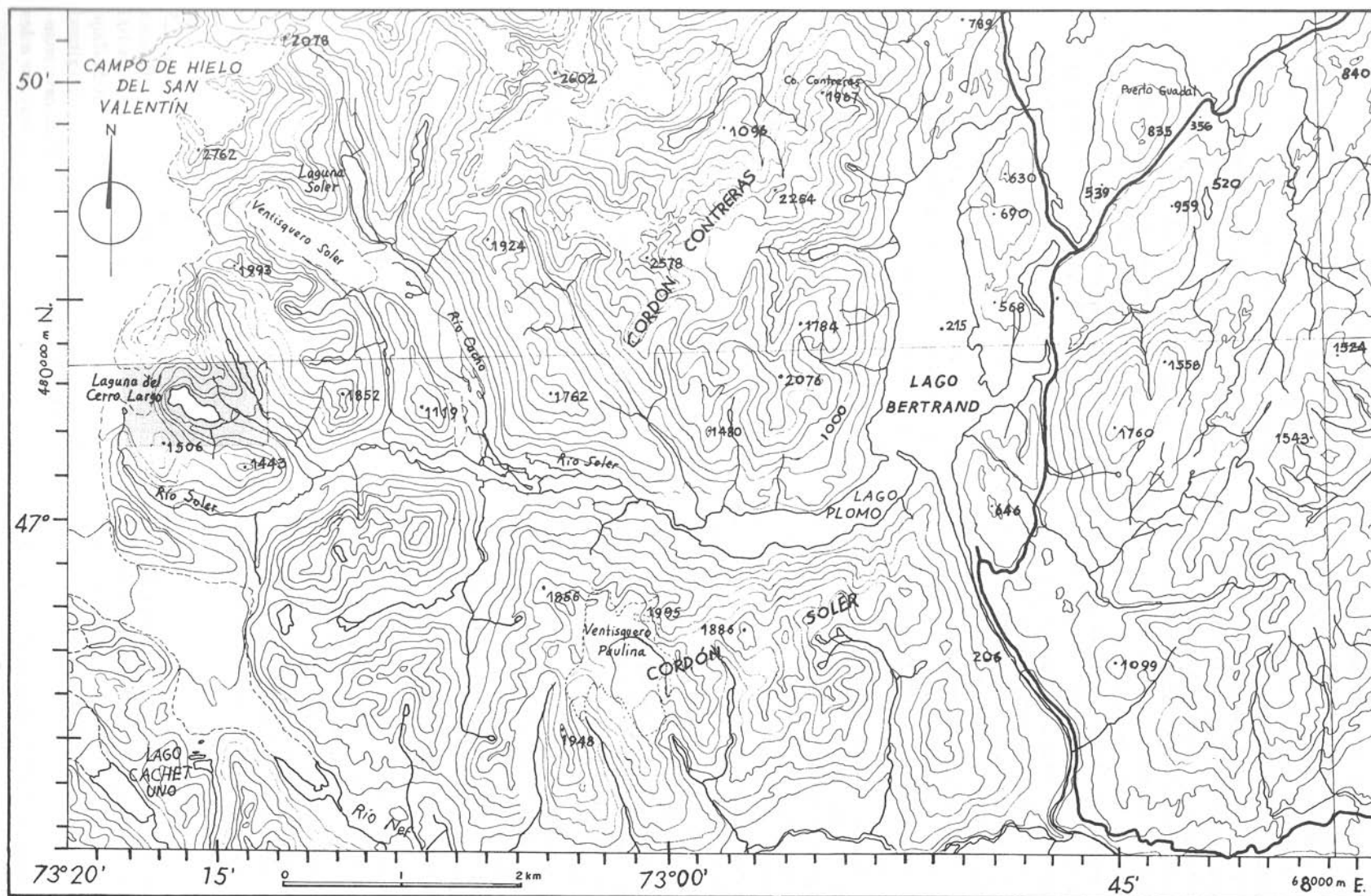
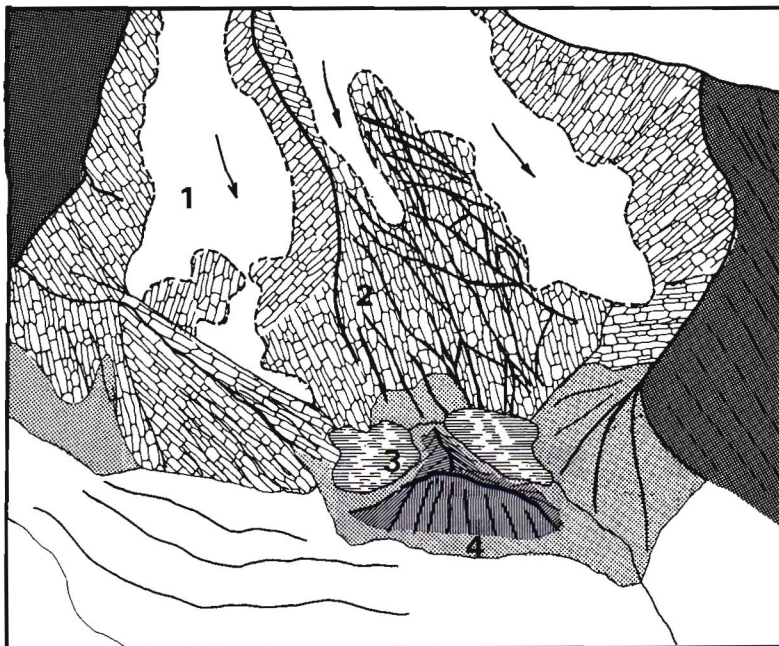
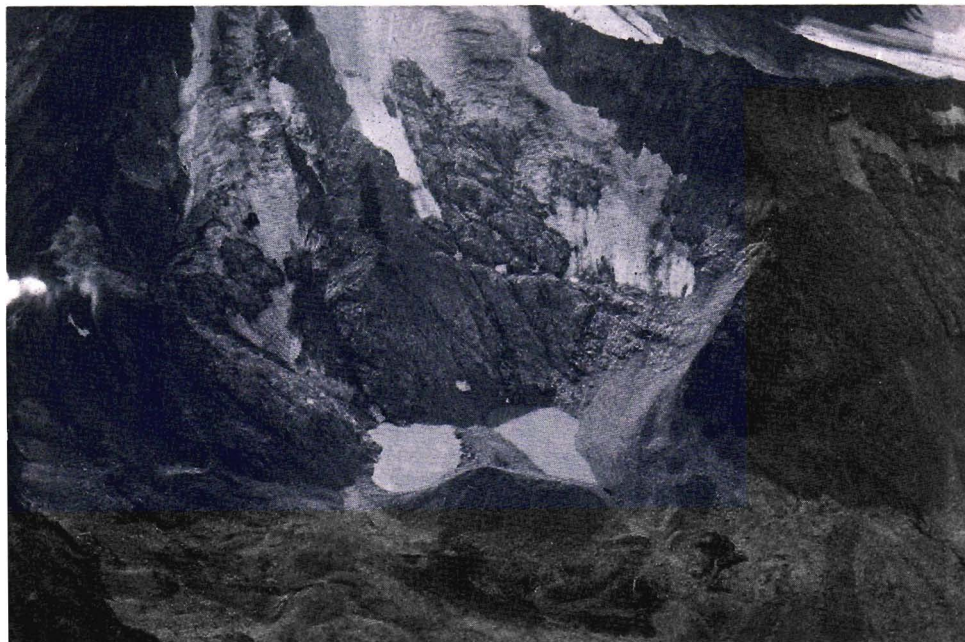


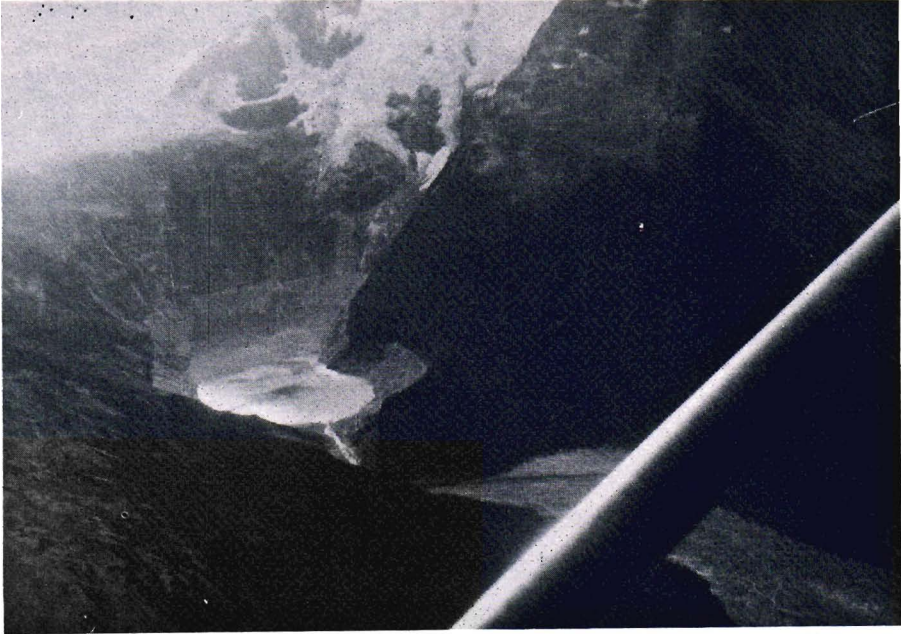
Figura N°1



DESEQUILIBRIOS EN BARRERAS DE CONTENCIÓN MORRENICA
Al S.W de Cerro Costilla XI Región

- 1 Paredes congelados alimentados por heleros en retirado
- 2 Rocidad ofloronte: rocas alterados por gelifracción
- 3 Lagunos proglociales con barrero marrénica
- 4 Barrero marrénica

FIGURA N° 2



ZONA DE DESASTRE EN LAGUNA DEL CERRO LARGO
XI REGION

— ≡ — Laguna del Co. Largo
/ / Cerro

~ ~ Río Soler
■ Campo de Hielo del San Valentín

FIGURA N° 3

La morfología del territorio cercano al Campo de Hielos N y S es vulnerable a este tipo de episodios, dado que en ella se identifican los siguientes elementos: masas importantes de hielo que se descuelgan hacia la vertiente oriental, pendientes de fondos de valle con fuerte gradiente, laderas empinadas y cubiertas por bosques sobremadurados sujetos en rocas fuertemente diaclasadas, abundantes limos, arcillas y ripios abandonados por arrastre fluvio-glaciales, lagunas suspendidas a alturas relativas del orden de 400 a 500 m, represamientos morrénicos debilitados por infiltración difusa de las aguas de deshielo y finalmente, intervención humana descuidada e irracional sobre la biodiversidad ambiente (Fig. 2).

A los elementos morfológicos y antropogénicos indicados se debe considerar como detonador este "cambio global", aun imperfectamente identificado y cuyas consecuencias aparecen como imprevisibles para el futuro del planeta.

El evento de desastre natural ocurrido en la zona del Lago Bertrand debe llamar la atención de las autoridades regionales y de los poderes centrales, dado que la colonización de estos territorios australes, con objetivos de desarrollo y soberanía, debe tener el debido resguardo a la vida y bienes de estos futuros pobladores. Una investigación científica sistemática de estas regiones debe anteceder a cualquier acto de ocupación humana, evitando costos innecesarios en situaciones que debieron haber sido previstas (Fig. 3).

Finalmente, el funcionamiento del sistema natural compuesto por la atmósfera, hidrosfera y criosfera está perturbado en gran medida por las adiciones de cloro y CO_2 a la capa atmosférica. Sin embargo, no está claro el efecto de recalentamiento global, ya que en contradicción a este aumento de la temperatura ocurren episodios que señalan que el CO_2 sobre cubiertas nivales apresura la cristalización de la nieve y por ende la consolidación de esta capa en alturas superiores al techo de la línea de inversión térmica; esto significa que el CO_2 actúa en dos direcciones opuestas: por una parte, impacta un rápido efecto de fusión en las capas inferiores de la troposfera, y por otro, protege niveles de la radiación ultravioleta en altura, cristalizando y endureciendo la nieve recién caída. Al observador común, esto implica apreciar que la nieve caída en altitudes inferiores a los 2.500 m en la zona Central de Chile, desaparece rápidamente de la superficie, por fusión extremadamente

rápida; por el contrario, sobre esta altitud, un fuerte enfriamiento de la masa de aire colabora en una cristalización violenta de la nieve ayudando a su conservación. Esto último es indicador de serios peligros de avalanchas futuras, puesto que dichas superficies actuarán como espejos de deslizamientos para cubiertas nivales posteriores. Este doble papel del CO_2 actuando sobre procesos contradictorios en cubiertas nivales, se puede apreciar con mayor claridad en la cordillera andina que enfrenta por el este a la ciudad de Santiago. Esta metrópoli descarga a su atmósfera local ingentes cantidades de partículas sólidas y gases producto de la quema de combustibles fósiles.

En el caso de Patagonia, las recientes erupciones del volcán Hudson, con potentes emisiones de cenizas volcánicas, han acusado la presencia de una estación estival particularmente rica en precipitaciones líquidas, pobre en nieve y un invierno (1992) relativamente seco, proclive a chubascos, pero no lluvias sostenidas. De todos estos cambios atmosféricos habrá que extraer consideraciones respecto a la productividad agropecuaria, a la oportunidad en las fechas de siembras y cosechas, a transformaciones topológicas que impactarán los suelos, la vegetación y las aguas.

Lo ocurrido en el Lago Bertrand y el vaciado de la Laguna del Cerro Largo en la XI Región de Chile no es acontecimiento aislado: forma parte de un proceso más complejo, de magnitud espacial que comprende a todo el planeta.

BIBLIOGRAFIA

1. Proyecto DIUC N° 45-88 "Petrografía y granulometría en la cuenca superior del Río Mapocho": Pontificia Universidad Católica de Chile.
Proyecto DIUC N° 149-83 "Prevención de catástrofes en el área cordillerana y precordillerana de la Región Metropolitana": Pontificia Universidad Católica de Chile.
Proyecto DIUC N° 33-89 "Estudios geográficos de la Carretera Austral - Análisis de impacto ambiental": Pontificia Universidad Católica de Chile.
Proyecto DIUC N° 020-91 "Futuros recursos sustentables para el desarrollo en la XI Región - Inventario y evaluación en zonas de pantanos (mallines)": Pontificia Universidad Católica de Chile.
2. Mundo 89 - Canal 13 de TV. Santiago, Chile.
3. BORGEL, R., 1988: "La conducta de la atmósfera en el marco del ordenamiento natural". INPATER - Boletín 3 Universidad de Santiago: 33-42. Santiago, Chile.