

**LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN HUDSON EN 1991 (46°S),  
REGIÓN XI, AISEN, CHILE**

**José A. Naranjo S.  
Hugo Moreno R.  
Norman G. Banks**



## SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA

### Boletines

- No. 1 El agua subterránea de Santiago, Informe preliminar. R.J. Dingman y L. Barraza. 1958. 43 p.
- \* No. 2 Geología de la Cordillera de la Costa entre el valle de la Ligua y la cuesta de Barriga. H. Thomas. 1958. 86 p., 1 mapa geológico, escala 1:150.000.
- \* No. 3 El Titoniano de Río Leñas, Provincia de O'Higgins, con una revisión del Titoniano y Neocomiano de la parte chilena del Geosinclinal Andino. J. Corvalán. 1959. 65 p., 7 Láms.
- No. 4 Investigaciones gravimétricas en la región de Chillán. C. Lomnitz. 1959. 13 p.
- \* No. 5 El agua subterránea en el norte de la Pampa del Tamarugal. O. Castillo. 1960. Incluye: Procedimiento gráfico para la interpretación geoquímica de los análisis de agua por A.M. Piper, traducción de O. Castillo. 89 p.
- \* No. 6 Observaciones geológicas en la Cordillera de la Costa de Tarapacá. G. Cecioni y F. García. 1960. 28 p.
- \* No. 7 Edades plomo-alfa y marco estratigráfico de granitos chilenos, con una discusión acerca de su relación con la orogénesis. C. Ruiz, K. Segerstrom, L. Aguirre, J. Corvalan, H.J. Rose, Jr. y T.W. Stern. 1960. 26 p.
- \* No. 8 Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, Provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. C. Klohn. 1960. 95 p., 1 mapa geológico, escala 1:150.000.
- \* No. 9 Geología de los Andes de Chile Central, Provincia de Aconcagua. Luis Aguirre. 1960. 70 p., 1 mapa geológico, escala 1:100.000.
- \* No. 10 Yacimientos de cobre tipo manto, su distribución en fajas mineralizadas. Provincia de Aconcagua. W.D. Carter. 1961. 30 p.
- No. 11 Contribución de la Corporación de Fomento al desarrollo del agua subterránea en Chile. J. Donoso y R.J. Dingman. 1962. 21 p.
- No. 12 Edades radiométricas y petrografía de granitos chilenos. Muestras Chile 13 a Chile 36. B. Levi, S. Mehech y F. Munizaga. 1963. 42 p.
- No. 13 Investigaciones de geología aplicada a la ingeniería, Provincia de Concepción. C. Galli y R.W. Lemke. 1963. 79 p.
- \* No. 14 Geología de los distritos mineros Checo de Cobre, Pampa Larga y Cabeza de Vaca, provincia de Atacama. R.L. Parker, R. Salas y G. Pérez. 1963. 46 p.
- \* No. 15 El agua subterránea de Santiago, Segundo Informe 1958-1962. O. Castillo, E. Falcón, W.W. Doyel y M. Valenzuela. 1963. Incluye: calidad química del agua subterránea en Santiago de H. Cusicanqui. 65 p.
- \* No. 16 El suelo de fundación de Valparaíso y Viña del Mar, Provincia de Valparaíso. K. Grimme y L. Alvarez. 1964. Incluye: Geología del área Valparaíso-Viña del Mar de L. Alvarez. 58 p., 1 mapa geológico 1:50.000.
- \* No. 17 Geología de la Cordillera de los Andes de las Provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. L. Aguirre y B. Levi. 1964. 37 p., 1 mapa geológico, escala 1:500.000.
- No. 18 Exploración de minerales radiactivos en Chile. Primera Parte: Provincias de Tarapacá y Antofagasta. P.H. Knowles, W.A. Bowes, M. Serrano, E. Klohn, R. Gruenwald y A. Moraga. 1964. 78 p.
- \* No. 19 Reconocimiento geológico en las Provincias de Llanquihue y Chiloé. B. Levi, A. Aguilar y R. Fuenzalida. 1966. 45 p., 1 mapa geológico, escala 1:500.000.
- No. 20 Efectos del sismo de Marzo de 1965, Provincias de Aconcagua y Valparaíso. N. Aliste, A. Moraga y L. Alvarez. 1966. 72 p.
- \* No. 21 Geología y recursos minerales del Departamento de Arica. R. Salas, R.F. Kast, F. Montecinos e I. Salas. 1966. 144 p., 1 mapa geológico, escala 1:300.000.
- \* No. 22 Exploración de minerales radiactivos en Chile. Segunda Parte: Provincias de Atacama y Coquimbo. W.A. Bowes, P.H. Knowles, M. Serrano, E. Klohn, A. Moraga y R. Grünwald. 1966. 85 p., 4 mapas geológicos a diferentes escalas.
- \* Publicación agotada

(Continúa en última hoja)

**SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA - CHILE**

BOLETIN No. 44

1993

**LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN HUDSON EN 1991 (46°S),  
REGIÓN XI, AISEN, CHILE**

José A. Naranjo S.\*  
Hugo Moreno R.\*\*  
Norman G. Banks\*\*\*

\* Servicio Nacional de Geología y Minería Avda. Santa María 0104, Santiago, Chile

\*\* Departamento de Geología, Universidad de Chile. Dirección actual: Servicio Nacional de Geología y Minería, Casilla 10465, Santiago, Chile

\*\*\* U.S. Geological Survey Cascades Volcano Observatory, 5.400 Mac Arthur Blvd., Vancouver WA 98661, U.S.A. Dirección actual: Embajada de los Estados Unidos, Agustinas 1343, Santiago, Chile

Manuscrito recibido, Septiembre de 1992  
Manuscrito aceptado, Mayo de 1993

---

LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN HUDSON EN 1991 (46°S), REGIÓN XI, AISEN, CHILE.

BOLETIN No. 44

Inscripción No. 86.284

© Servicio Nacional de Geología y Minería, Avda. Santa María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile.

Hernán Danús V.: Director Nacional

Edison Botto H.: Subdirector Nacional de Geología

Editor: Constantino Mpodozis M.

Coordinadora de Publicaciones : Cecilia Martínez von V.

Diagramación: Paulina Hofer P.

Digitación: Nancy Espinoza P. y Sandra Villar G.

Dibujo: Luis Southerland L.

Tiraje: 1.000 ejemplares

*Portada: el 8 de agosto, a las 18:32 horas el hongo de la explosión de cenizas de la erupción del volcán Hudson se elevaba por sobre los 10 km, produciendo descargas de rayos que iluminaban la columna y nube. El fenómeno despertó la sorpresa, el desconcierto y el asombro de la población de Coihaique, 75 km al noreste del volcán (Fotografía de vídeo: J.A. Naranjo).*

ISSN 0020-3939

Impresos Ogar, Roberto Espinoza 1538, Teléfono 5556847, Santiago, Chile.

Diciembre de 1993

## CONTENIDO

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
INTRODUCCION	6
Objetivos	6
Marco geográfico	6
Marco geológico y estructura volcánica	9
Historia eruptiva	9
CRONOLOGIA DEL CICLO ERUPTIVO	11
PRODUCTOS DE LA ERUPCION	27
Lavas	27
Piroclastos	28
Primera erupción	30
Características del material	30
Distribución	30
Segunda erupción	30
Características del material	30
Distribución	32
Depósitos de corrientes de barro o lahares	34
Gases	35
Generalidades	35
Gases ligados a la primera erupción	36
Gases ligados a la segunda erupción	37
Consideraciones generales	37
GEOQUIMICA	38
Generalidades	38
Discusión de los resultados	38
MECANISMO ERUPTIVO	38
IMPACTO EN EL AMBIENTE	41
Generalidades	41
Depósitos de piroclastos y precipitados químicos	41
Alteración atmosférica	44
Salud animal	46
CONCLUSIONES GENERALES	46
RECOMENDACIONES	48
AGRADECIMIENTOS	49
REFERENCIAS	49

# La erupción del volcán Hudson en 1991 (46° S), Región XI, Aisén, Chile

José A. Naranjo S.  
Hugo Moreno R.  
Norman G. Banks

## RESUMEN

La erupción del volcán Hudson de 1991, en la Región XI de Aisén, es la segunda erupción más violenta ocurrida en Chile durante este siglo. Tuvo dos etapas de mayor magnitud producidas en distintos centros eruptivos, en el borde y dentro de la caldera de 10 km de diámetro. La primera (8-9 de agosto) ocurrió desde una fisura de más de 4 km de largo ubicada en su borde oeste y dispersó cenizas hacia el norte sobrepasando Puerto Montt. La segunda (12-15 de agosto) ocurrió desde un cráter de 800 m de diámetro; fue más violenta y dispersó cenizas hacia el sureste sobrepasando las Islas Malvinas.

La primera erupción estuvo acompañada por elevadas concentraciones de flúor (muy tóxico) y cloro solubles, las que decrecieron rápidamente debido a la dilución por aguas lluvias y no causaron problemas de fluorosis en los animales. Los procesos de mayor impacto en el medio ambiente fueron la caída de cenizas (sobre un área de unos 150.000 km<sup>2</sup> en Chile-Argentina) acompañadas de compuestos gaseosos precipitados, y lahares que descendieron por los valles Huemules y Cupquelán. Los peores efectos fueron la irritación de la vista, sistema respiratorio y piel humana, además de muertes por obstrucción del sistema digestivo y aborto en animales. También se produjeron embancamientos de ríos y desagües de lagos, corte de caminos, desplome de viviendas, inutilización de aeródromos e interrupción del tráfico aéreo y de la navegación en el lago General Carrera, daños en huertos, siembras, etc.

Los depósitos de ceniza producidos demuestran que, de haber prevalecido durante la segunda erupción las condiciones de vientos reinantes en la primera etapa eruptiva, el efecto sobre Coihaique y Puerto Aisén-Chacabuco, habría sido pavoroso, con 25 y 35 cm de espesor de cenizas acumuladas, respectivamente. En Chile Chico, ubicado a una distancia doblemente mayor, se acumularon 10 cm.

Ha quedado claramente manifestada la necesidad de prevenir sobre la base de una zonificación del riesgo volcánico y, subsecuentemente, sobre la planificación del uso de la tierra. La vigilancia telemétrica es necesaria antes, durante y después de un proceso eruptivo y, su aplicación, debería ser financiada por los afectados potenciales.

En el caso específico del volcán Hudson, se debe impedir, definitivamente, los asentamientos humanos a lo largo de los valles Huemules y Cupquelán.

*Palabras claves:* Erupción pliniana violenta, Volcán caldera, Depósitos de caída de piroclastos, Lahares, Flúor, Mezcla de magmas, Erupción fisural.

## ABSTRACT

The eruption of the Hudson volcano in 1991 has been the second most violent volcanic event in Chile during this century. It consisted of two major magnitude events triggered at separate source vents located respectively just outside and within its 10 km caldera. This first event (August 8-9), was basaltic ash and lava from a 4.5 km long fissure on the western caldera rim. Air fall deposition from the 12 km column extended northward beyond Puerto Montt. The second event (August 12-15), occurred at an 800 m diameter crater located in the southwest quadrant of its caldera. This eruption was more violent and dispersed andesitic ash from an 18 km high column southeastward beyond the Malvinas (Faukland) Islands. The August 8-9 ash contained high concentrations of soluble fluorine, but no fluorosis problem developed in grazing animals, as the deposits were relatively thin and leached almost immediately by rain water. However, major environmental impact occurred in the depositional area of the southwest-directed pumice over an area of more than 150,000 km<sup>2</sup> in Chile and Argentina, particularly with respect to grazing animals, whose food and water supply had been affected by the ash fall. The number of animals that died from thirst, starvation, and gastrointestinal problems from ingested ash-laden grass remains unclear, but losses were reported to be major by the press. In addition to roof collapse, damage to airport facilities, interruption of air traffic, cessation of navigation in the Carrera lake, and damage to the agriculture were both observed and reported. Coeruptive mudflows generated, at least in part by surge events during the August 8-9 eruption, and descended the

Huemules and Cupquelán valleys, but caused no human losses in this scarcely populated area. Significant remobilization of the thick ash partially dammed the river and lake drainage system in the southeast plume area and generated secondary mudflows that cut roads and stopped traffic for months.

This eruption clearly brought the need for hazard, risk and the land use planning to call the attention to the authorities and population of the region. In order to avoid future disasters, continuous long term telemetric monitoring and mudflow warning systems will be required. Without such forecasting tools, land zoning should rule out human settlements along the Huemules and Cupquelán valleys.

*Key words: Violent plinian eruption, Caldera volcano, Airfall pyroclastic deposits, Lahars, Fluorine, Magma mixing, Fissural eruption, Hudson volcano, Región de Aisén, Southern Andes, Chile.*

## INTRODUCCION

### OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objeto entregar los resultados de las observaciones, mediciones y estudios sobre la erupción del volcán Hudson, realizadas por geólogos-volcanólogos del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y del United States Geological Survey (U.S.G.S.), a solicitud de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI). En este trabajo se describen las características del ciclo eruptivo del volcán Hudson, que comprendió dos etapas paroxismales y otros pulsos menores, a partir del 8 de agosto de 1991. En él se entregan, también, algunos antecedentes de actividades eruptivas anteriores y de sus productos. En forma detallada se describen, además, las características morfológicas, petrográficas y geoquímicas de los productos de la presente erupción.

La información aportada por los autores ha sido presentada, en parte, mediante comunicados para la ONEMI de la Región XI y a través de informes inéditos y publicados en el Bulletin of the Global Volcanism Network (1991a-f y 1992) y en American Geophysical Union, Transactions (EOS, 1991).

### MARCO GEOGRAFICO

El volcán Hudson, de 1.905 m s.n.m., se localiza en la Cordillera de los Andes (Cordillera Principal, Niemeyer y otros, 1984) a los 45,90°S y 72,96°W (Fig. 1), a 58 km al sur-suroeste de Puerto Aisén, a 75 km al suroeste de Coihaique, a 95 km al oeste de Balmaceda, a 85 km al noroeste de Puerto Ingeniero Ibáñez y a 113 km, también al noroeste de Chile Chico, todas distancias en línea recta. La vía de acceso caminero más cercana corresponde a la Carretera Austral, que en el sector más próximo entre los ríos Murta, Cajón e Ibáñez, se localiza a unos 30 km al sureste del volcán.

La zona cordillerana donde se ubica el volcán Hudson, se encuentra disecada por profundos valles de origen glaciario, muchos de los cuales descienden radialmente desde el volcán. Estos valles tienen paredes abruptas que, en ocasiones, sobrepasan los 1.000 m de desnivel con respecto al piso. Entre ellos, destaca hacia el noroeste, el del ventisquero los Huemules, tributario del río homónimo, que desemboca en el mar (Golfo Tres Cruces) a 35 km hacia el suroeste (Fig. 1). Al norte se ubica el río Displayado; hacia el este el río Bayo, tributario del Cajón Blanco, el cual, a 25 km del volcán, conjuntamente con el lago Caro, forman el río Blanco, hacia el norte. Al sureste del volcán nace el río Ibáñez; también los ríos Sorpresa Sur y Norte, por el suroeste y oeste, respectivamente (Fig.2).

Los valles glaciarios están rodeados de cumbres o cordones montañosos como la cordillera Huemules (1.314 m) al norte del río del mismo nombre, las cordilleras Cumbre Blanca (1.473 m) y Cumbre Negra (1.777 m), 20 km al este del volcán; así como la cordillera La Campana, a 35 km en la misma dirección. A 12 km al sur del volcán Hudson se ubican los cerros Hudson, con una altura máxima de 1.798 m.

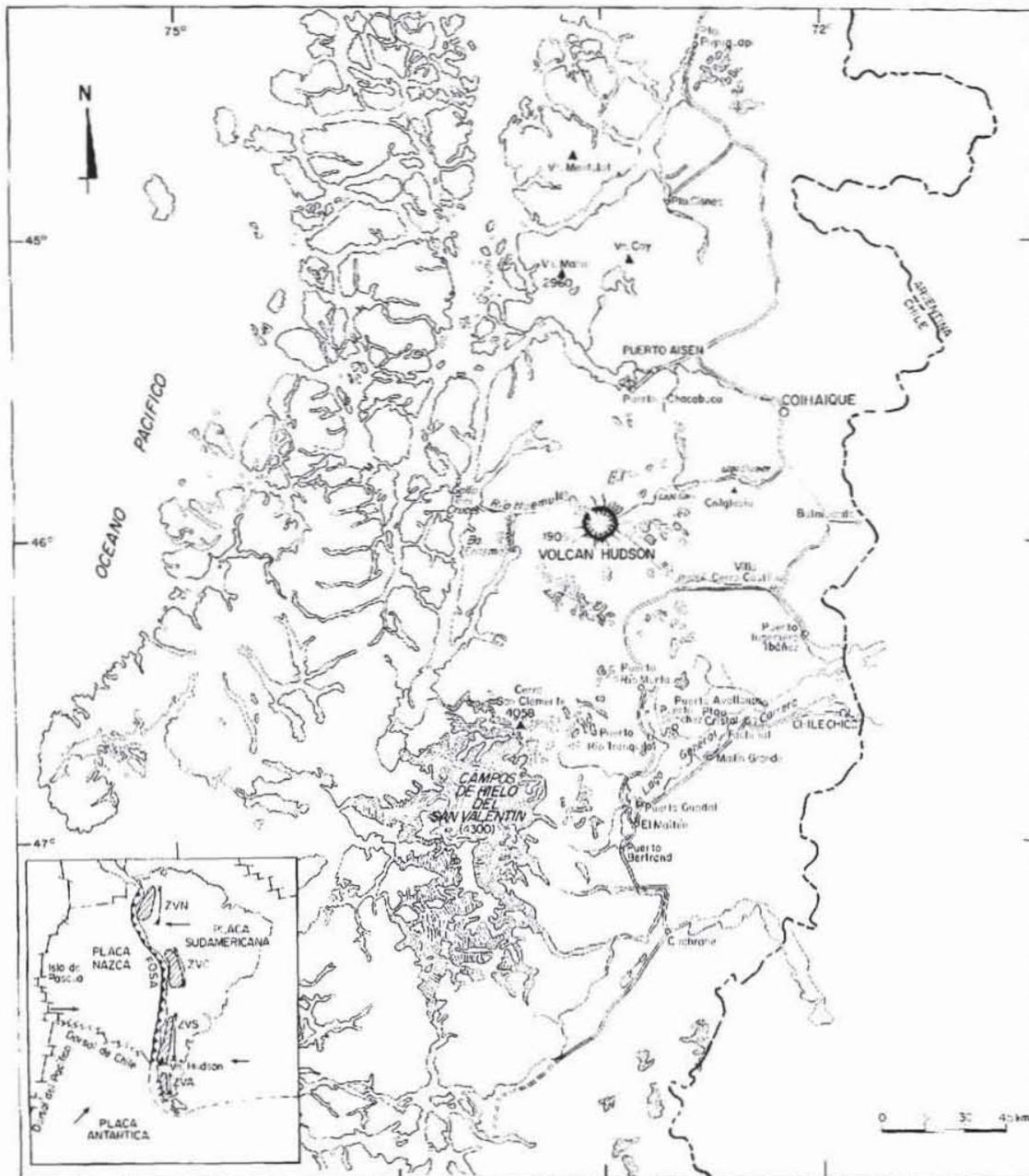


FIG. 1. Ubicación del volcán Hudson y su relación con la tectónica de placas y los segmentos de volcanismo andino: Zona Volcánica Norte (ZVN), Zona Volcánica Central (ZVC), Zona Volcánica Sur (ZVS) y Zona Volcánica Austral (ZVA). El Hudson es el volcán más meridional de la ZVS.

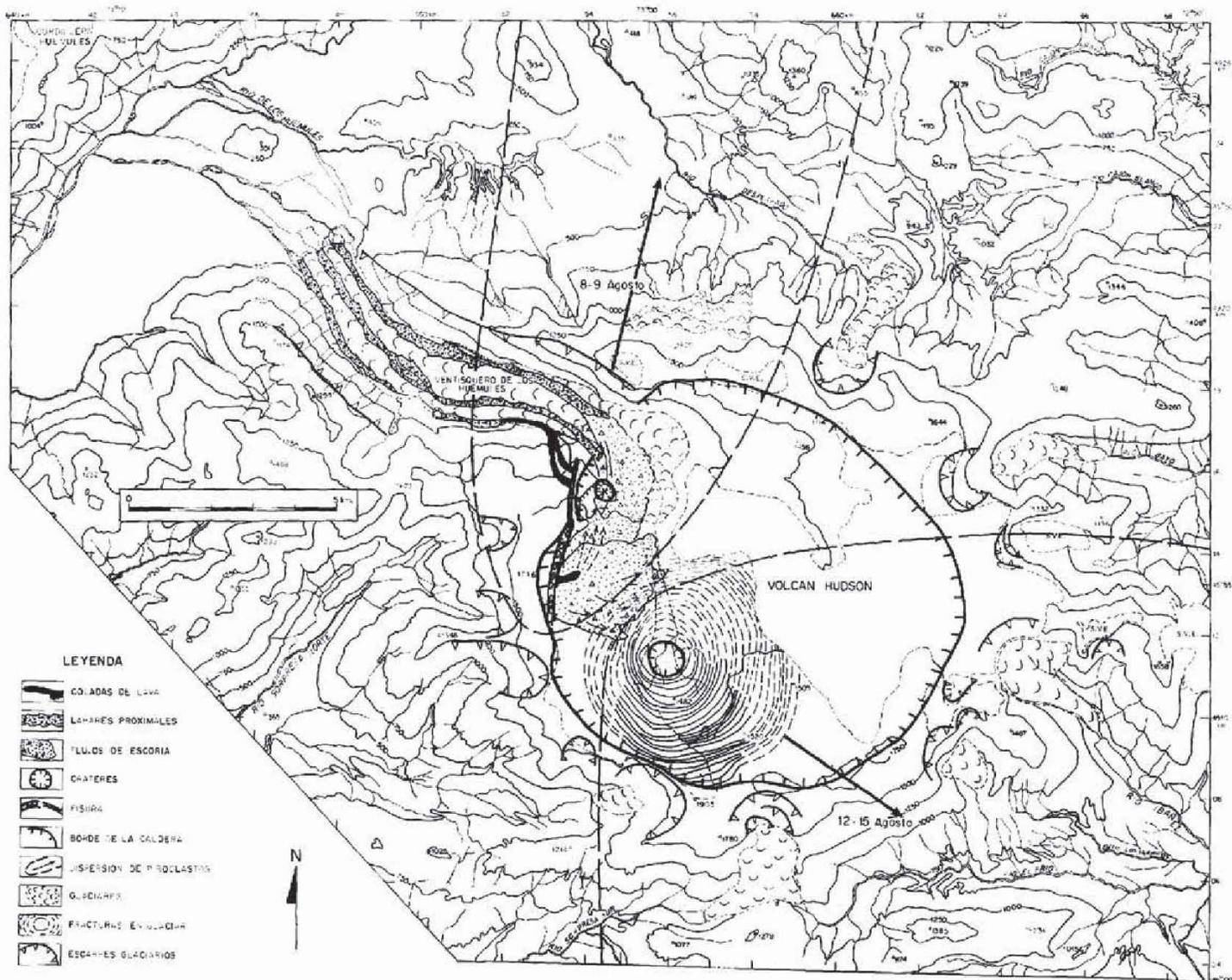


FIG. 2. Mapa geomorfológico y estructura de la caldera del volcán Hudson en el marco geográfico local. Centros de emisión de la primera y segunda erupciones de agosto de 1991.

## MARCO GEOLOGICO Y ESTRUCTURA VOLCANICA

El Hudson corresponde al volcán más meridional de la zona volcánica de los Andes del Sur (ZVS), que se extiende desde los 33 a los 46°S (Thorpe y Francis, 1979), dentro del segmento más austral (42°-46°S). Está ubicado a unos 95 km al sur del complejo volcánico Macá-Cay, que es el volcán más cercano hacia el norte, y a unos 280 km al noreste del punto de conjunción triple, que es el sector donde colindan las placas litosféricas de Nazca, Antártica y Sudamericana (Fig.1).

La estructura volcánica está emplazada fundamentalmente sobre rocas plutónicas del Batolito Patagónico (Niemeyer y otros, 1984). Según estos autores, 'este batolito forma parte de una extensa franja de rocas graníticas, que ocupan el eje de la Cordillera Patagónica, desde la latitud de Puerto Montt hasta el Cabo de Hornos'. El Batolito Patagónico está constituido por una gran variedad de rocas intrusivas (granitos, granodioritas, tonalitas, dioritas y gabros), cuyas edades han sido determinadas por métodos radiométricos. En él, se distinguen tres pulsos magmáticos principales ocurridos durante el Cretácico Inferior-Medio (125-100 Ma) y Cretácico Superior (85-70 Ma).

El volcán Hudson se conoce sólo desde 1970, año en que fue descubierto y descrito como edificio volcánico (Fuenzalida y Espinosa, 1974). Su estructura corresponde a una caldera, casi circular, de unos 10 km de diámetro máximo este-oeste, siendo bien definidos sólo sus bordes occidental y sur, con alturas máximas de 1.746 m s.n.m. y de 1.905 m s.n.m., respectivamente (Figs. 2, 3). La altura del edificio volcánico es de 1.000 a 1.200 m sobre el piso de los valles que lo rodean. Fuenzalida y Espinosa (1974) comunicaron, además, la existencia de dos conos adventicios en el faldeo norte de la caldera, esto es, en el nacimiento del río Cajón Blanco (cerros 943 y 1.032, Fig. 2), y un pequeño cono ubicado al suroeste, cerca del río del Medio. Hasta el momento, sobre los faldeos de la caldera, no se han identificado coladas de lava de morfologías superficiales bien definidas, anteriores a la presente erupción.

Desde los valles radiales se descuelgan diversas lenguas glaciarias, que, en 1974 mostraban variadas longitudes: hacia los ríos Displayado (3 km), Bayo (2,2 km), Ibáñez (3 km), El Frío (0,5 km), Sorpresa Sur (3 km, con una bifurcación al río El Frío), a un tributario del Sorpresa Norte (1,2 km). Estos glaciares han experimentado retrocesos notables durante el presente siglo. Por ejemplo, el glaciar que descarga al río Bayo ha retrocedido ca. 1,8 km desde 1943 a la fecha (Fig. 3). La lengua glaciaria más prominente, corresponde al ventisquero de los Huemules que desciende hacia el noroeste por 11 km con un ancho medio de 1,5 km, desde la cota de 1.250 hasta los 200 m s.n.m., la cual emerge desde el interior de la caldera.

La caldera del Hudson anida en su depresión interior un casquete de hielo a una altura de entre 1.505 y 1.520 m s.n.m., cuyo volumen se estima en más de 2,5 km<sup>3</sup>. La pared sur de la caldera alcanza unos 300 a 400 m de desnivel, mientras que la pared oeste, llega a poco más de 250 m de altura sobre el piso de hielo (Figs. 2, 3). Antes de la presente erupción, el sector centro-occidental del piso de la caldera estaba formado por afloramientos de lavas que abarcaban unos 2 km<sup>2</sup>, desde los 1.482 m, donde se ubica uno de los cráteres de esta erupción, hasta los 1.316 m s.n.m., en la depresión donde se inicia el ventisquero Huemules. El edificio volcánico cubre una superficie aproximada de 300 km<sup>2</sup> y, aunque muestra una avanzada denudación, es un volcán moderno con una intensa actividad postglacial.

Considerando que esta erupción fue inesperada, sin rasgos precursores percibidos, en un volcán aislado y sin mayores antecedentes debido a su escaso registro eruptivo, existía una gran aprensión por las características que iba tomando.

## HISTORIA ERUPTIVA

Los antecedentes sobre la actividad eruptiva del volcán Hudson son escasos. De hecho, no existen datos que permitan definir sus unidades estratigráficas, ni menos determinar su cronoestratigrafía. Recientemente, Stern (1990,1991), sobre la base de información geoquímica, identificó a este volcán como la fuente de dos erupciones de gran magnitud. La primera de ellas ha sido datada por el método C<sup>14</sup>, entre 6.625 y 6.930 a.A.P. (años antes del presente) y sus cenizas habrían afectado vastas zonas de la Patagonia y Tierra del Fuego.



FIG. 3. Caldera del volcán Hudson en 1943 (vuelo Trimetrogon), vista hacia el oeste. La caldera tiene 10 km de diámetro y de ella se descuelgan prominentes lenguas glaciarias. En primer plano, se observan los dramáticos retrocesos (marcados) de los glaciares de los valles de Ibáñez (izquierda) y Bayo (derecha). Al fondo, el valle y ventisquero Huemules que desciende hacia el noroeste. Se destaca la pared discontinua de la caldera, que anida un voluminoso casquete glaciario.

La segunda, en cambio, ha sido datada en 4.830 a. A.P., afectando a sectores de Aisén en Chile y de Santa Cruz en Argentina.

Sapper (1927) y posteriormente Salmi (1941), mencionaron posibles erupciones entre los 46° y 49°S, durante la segunda mitad del siglo pasado. Sin embargo, las fuentes de origen de esas inciertas erupciones no han sido identificadas, siendo sólo atribuibles al volcán Hudson una erupción ocurrida en 1891. Cabe mencionar que entre los 46° y 49°S no se han identificado volcanes activos, existiendo en cambio, un 'horst' de granitoides que se eleva a gran altura en las cumbres de los cerros San Clemente (4.058 m s.n.m.) y San Valentín (ca. 4.300 m s.n.m.). Los volcanes vuelven a aparecer al sur de la latitud 49° con el volcán Lautaro (Andes Australes).

La actividad previa más reciente de este volcán corresponde a una erupción con características subplinianas de gran violencia (VEI = 3-4), que comenzó el 12 de agosto de 1971, entre las 18 y 19 horas (Tobar, 1972; Fuenzalida, 1976; Cevo, 1978). Según estos autores, no se observó emisión de lava, sino solamente la eyección de densas columnas de cenizas y vapor de agua, desde un cráter localizado en el sector noroccidental; éstas alcanzaron alturas variables entre 5.000 y 12.000 m, registrándose precipitación de cenizas en la costa atlántica entre Comodoro Rivadavia y San Julián. En esa oportunidad, se produjo una avalancha de barro (lahar) a lo largo del valle del río Huemules, la que provocó la muerte de, a lo menos, cinco personas, destruyó casas de pobladores, tierras de cultivo y ganado. La erupción se habría prolongado por unos dos días. En 1973, sin que se hubiese percibido actividad eruptiva, una nueva avalancha de barro y bloques se depositó a lo largo del valle del río Huemules hacia el valle de Cupquelán. Recientemente, Best (1989, 1992) entregó antecedentes sobre la estratigrafía, características de emplazamiento y cronología de estos catastróficos flujos volcanoclásticos de remoción en masa.

Aunque no hay información de actividad volcánica durante 1973, las fotografías aéreas tomadas en 1974, muestran evidencias de pequeños depósitos de flujos, aparentemente, escoriáceos, que fueron emitidos desde el cráter ubicado en los afloramientos rocosos del sector centro-occidental de la caldera.

## CRONOLOGIA DEL CICLO ERUPTIVO 1991

La cronología de este ciclo eruptivo sólo se pudo establecer sobre la base de la recopilación de antecedentes y observaciones directas parciales, debido a las dificultades de acceso y a las condiciones meteorológicas adversas prevalecientes durante gran parte de la erupción.

Después de un período de veinte años de aparente inactividad de erupciones, el volcán Hudson inició un nuevo ciclo eruptivo el 8 de agosto de 1991. Debido a su ubicación remota, a nivel regional no se detectó actividad precursora alguna. Sólo los pobladores que vivían a lo largo del valle Huemules, 40 km al oeste del volcán, percibieron actividad sísmica de pequeña intensidad unas 3-4 horas antes de la primera explosión. En Coihaique (75 km al noreste) sólo se tuvo conocimiento del inicio de la erupción por observación directa del hongo de cenizas (Fig. 4).

### 8 de agosto

La erupción comenzó, aproximadamente a las 18:20 horas con una explosión freatomagmática, caracterizada por el crecimiento de una columna blanca de 7-10 km de altura, con formas 'convolutas', tipo coliflor. Progresivamente, ésta iba cambiando de color, transformándose en una columna con forma de hongo de hasta 12 km de alto a los 10-15 minutos de iniciada la erupción. Esta se presentaba densamente cargada de cenizas, lo que le otorgaba un color pardo grisáceo. Debido a la gran cantidad de electricidad estática en las partículas volcánicas eyectadas, se produjeron numerosas descargas eléctricas desde el hongo a tierra. Espectacularmente, los rayos iluminaban la columna eruptiva e incluso algunos la atravesaban (Fig. 4). Se estima que el tronco de la columna alcanzó unos 5 km de ancho y, por sobre los 10 km de altura, se produjo la dispersión lateral o paraguas.

Los vientos predominantes del sur, que tuvieron lugar durante las buenas condiciones meteorológicas de esos días, dispersaron la pluma de cenizas directamente en dirección N10°E, alcanzando más de 50 km de ancho a unos 55 km al norte. El eje de la dispersión cruzaba Puerto Chacabuco (Fig. 1), donde se registró una acumulación de unos 5-7 mm, mientras que 13 km al este, en Puerto Aisén, comenzó a caer ceniza a las 19:10 horas y se acumularon 5 mm en total, después de 16 horas que duró esta erupción. Allí, se



FIG. 4. Agosto 8, 18:32 horas, vista desde Coihaique; hongo de la explosión de cenizas, de más de 10 km de altura, del cual se descargaban rayos a tierra (Fotografía de video: J.A. Naranjo)

escucharon truenos y se percibió un fuerte olor a azufre. A la media hora de iniciada la erupción se ennegrecieron los suelos.

La actividad se desarrolló desde dos fuentes de emisión principales: en una fisura de casi 4 km de longitud, de dirección N10°E, localizada principalmente a media falda a lo largo de la pared interna y borde oeste-noroeste de la caldera, y un cráter de unos 400 m de diámetro, ubicado a unos 400 m al este de la pared (Fig. 2). Este cráter coincidiría con el de la erupción de 1971, a juzgar por las imágenes obtenidas en la época y por la posición señalada por Tobar (1972). En su extremo norte, la fisura cruzó el filo del borde de la caldera hasta su parte más alta del flanco occidental, extendiéndose allí por poco más de 1,5 km. Diversos centros de emisión se alinearon a lo largo de ella, la que estaba controlada por la inyección de un filón basáltico (ca. 51 % SiO<sub>2</sub>). Al llegar a la superficie, éste generó fuentes de lava y flujos de escoria negros, los cuales fluyeron hacia el este, cubriendo un área de 6-7 km<sup>2</sup> sobre el hielo, en la parte occidental de la caldera. El cráter se ubicaba al este de la fisura, sobre el suelo de la caldera, atravesando el glaciar. Desde él habrían sido eyectadas, mayoritariamente, las columnas blancas de explosiones freáticas (Fig. 2).

Además de las fuentes de lava, desde algunos puntos de la fisura, escurrió material lávico, principalmente bajo el glaciar, hacia el ventisquero Huemules. También, desde el extremo norte de la fisura fluyó lava negra con tonalidades pardo-rojizas de oxidación, hasta por aproximadamente 2,5 km (Fig. 2), alcanzando, en parte, la superficie del ventisquero Huemules e introduciéndose bajo éste, generando así, columnas blancas de vapor de agua a unos 4 km al noroeste del borde de la caldera. Desde la fisura, 1 km al sur de su extremo norte, se generaron lahares, los que debido a la pendiente de 20°, fluyeron raudamente hacia el ventisquero Huemules, y por sobre él, en un comienzo.

El escurrimiento de lava bajo el glaciar provocó la fusión parcial de éste, lo que generó la acumulación de un gran volumen de agua bajo el mismo. Entre las 21:00 y 22:00 horas, se produjo el rompimiento abrupto ('jökulhlaup' o 'outburst') del frente del ventisquero Huemules en su extremo oeste. Este fenómeno, junto con las avalanchas de lodo sobre el ventisquero, originaron una inundación o avalancha que tuvo una duración de 10-12 horas, la cual descendió violentamente por el valle hacia la costa. Un fenómeno similar se habría producido hacia el río Sorpresa Sur, en el flanco oeste-suroeste del volcán, desconociéndose detalles de este fenómeno. En algunos sectores, el ancho del cauce normal del río Huemules se vio superado en unas tres veces, y fueron removidos más de  $8 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de sedimentos. El aluvión también incluyó numerosos bloques de hielo de hasta 7 m de diámetro. A lo largo del depósito, y en la zona deltoide de la desembocadura, éstos se encontraban aleatoriamente dispersos, después de haber sido transportados flotando sobre la avalancha de barro. En la desembocadura se produjeron, a lo menos, dos abanicos deltoides que enturbiaron las aguas del golfo Tres Cruces en 1 km, produciendo una acumulación progradacional de sedimentos de 500 m hacia el oeste.

## 9 de agosto

Durante la mañana, la columna de gases y cenizas se elevaba hasta unos 6.000 m por sobre el borde occidental de la caldera (Figs. 5, 6). Esta, era arrojada a lo largo de la fisura, en una extensión norte-sur de 4,5 km. Desde la parte norte de la fisura (1,5 km), a través de unos cuatro centros, y desde el cráter en el casquete de hielo, eran emitidas columnas blancas de vapor de agua, más débiles que la densa columna pardo grisácea arrojada a lo largo de la parte sur de la fisura (3 km), donde se alineaban más de 5 centros de emisión (Fig. 7). Hacia lo alto, la columna se tornaba de color gris claro, debido a la mezcla de ambas fases. A las 10:30 horas, aún se observaba la emisión de una fuente de lava de unos 200 m de altura (Fig. 8).

La dispersión de la columna continuaba hacia el nor-noroeste; no obstante, a las 10:30 horas dejó de caer ceniza en Puerto Aisén. Al mediodía, la erupción había perdido notablemente su vigor inicial y, antes del atardecer, los gases y cenizas sólo sobrepasaban el borde de la caldera, dispersándose hacia el oeste-noroeste. Durante la noche y debido a las condiciones cambiantes del viento, se produjo una leve caída de ceniza fina a media en Coihaique, principalmente entre las 02:00 y 06:00 horas del día 10 de agosto.

Los diferentes centros de emisión quedaron visibles sólo después de las 17:00 horas. Efectivamente, debido a la disminución de la actividad, se podía observar que numerosas estructuras de colapso exponían abruptos escarpes en el glaciar. Las grietas de colapso, generadas en parte por el súbito deshielo previo,



FIG. 5. Agosto 9, 10:30 horas, vista aérea desde el sur, columna parda grisácea de cenizas y gases, de más de 6 km de altura, emitida desde la fisura ubicada en el borde occidental de la caldera del volcán Hudson. Los vientos predominantes desviaban la pluma hacia el NNE. La principal emisión de vapor de agua (columna blanca) se producía desde el cráter, al oriente de la fisura (Fotografía: Capitán Camilo González J.)

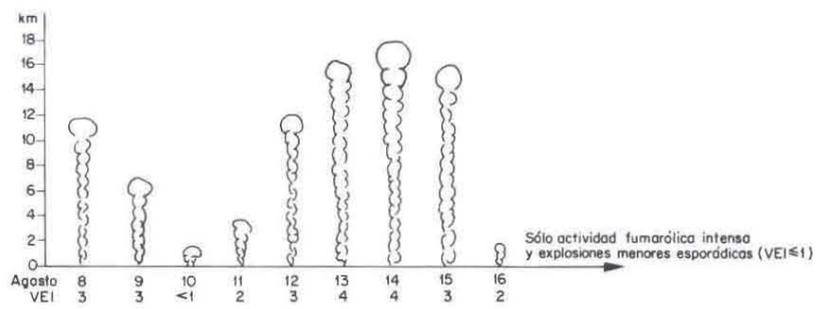


FIG. 6. Alturas máximas de la columna eruptiva e Índice de explosividad volcánica (VEI) para las erupciones de agosto de 1991.



FIG. 7. Agosto 9, 11:00 horas, vista aérea desde el noroeste; se observan diversos centros de emisión gaseosa, alineados a lo largo de la fisura (Fotografía: J.A. Naranjo).

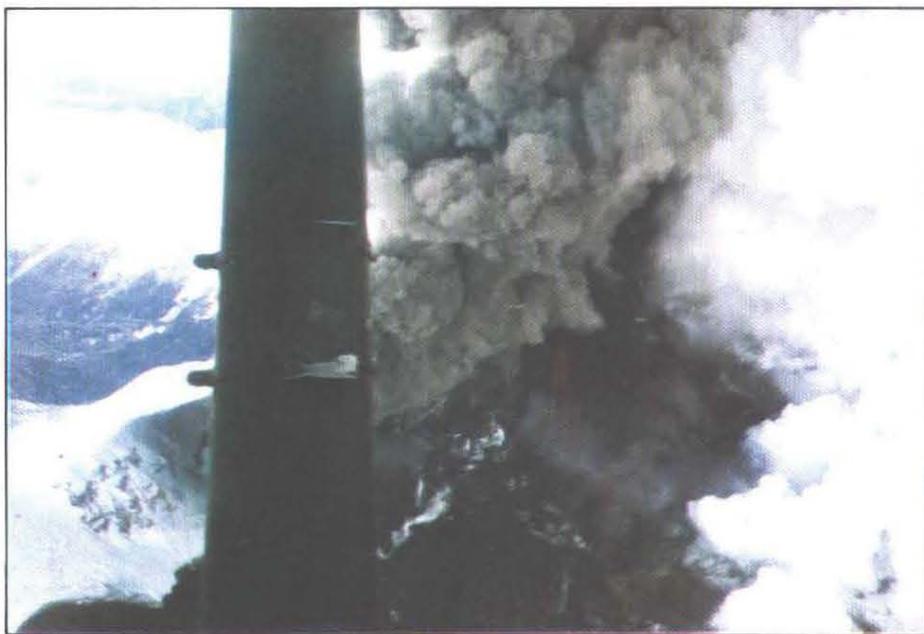


FIG. 8. Agosto 9, 10:30 horas, desde el SSE, vista de la parte interior de la pared occidental de la caldera. Desde el segmento sur de la fisura se aprecian una fuente de lava basáltica y flujos escoriáceos hacia el interior (Fotografía: Capitán Camilo González J.).

mostraban capas de tefras negras de más de 5 m de espesor, las que cubrían niveles de hielos blancos y azulinos del casquete, en el nacimiento del ventisquero Huemules y hacia el este de la fisura.

Aproximadamente a las 14:00 horas, cuando la actividad aún se mantenía relativamente vigorosa, se pudieron observar diversas coladas incandescentes de lava entre las columnas de ceniza y vapor de agua (Fig. 9). La presencia de gases y cenizas dificultaba la observación de los flujos lávicos que sobrepasaban los 200 m de longitud, con anchos estimados de unos 50 m y espesores de unos 3-5 m. Estos escurrían bien canalizados a lo largo de pequeñas cárcavas en el hielo. Estas, tenían pendientes abruptas en la pared interior de la caldera y se orientaban perpendicular y oblicuamente, desde la fisura hacia el este. En algunos de estos sectores, se podía inferir la presencia de lava bajo el hielo, debido a la emisión de vapor de agua a lo largo de la prolongación de las cárcavas o grietas.

Los flujos de escoria negra se distribuían sobre un vasto sector (6-7 km<sup>2</sup>) dentro de la parte occidental de la caldera. Estos formaban depósitos en mantos de unos 2 m de espesor, con amplios frentes lobulares hacia el este, hasta 3 km desde la fisura (Figs. 2, 5). Su distribución estaba controlada por la orientación de la pared interior de la caldera. Un segundo flujo, menos extenso que el anterior, se había extendido hasta 1,5 km al este de la fisura, dirigiéndose hacia el norte, por sobre el ventisquero Huemules. Pasadas las 14:00 horas, aún se elevaban, tanto vapor de agua como gases, desde estos depósitos.

A lo menos tres flujos laháricos, con anchos variables desde 50 a 100 m, habían escurrido por más de 9 km sobre el ventisquero Huemules hasta su frente (Figs. 2, 10). Estos se habrían originado en fuentes de lava lanzadas desde el extremo norte de la fisura, correspondiente al sector topográficamente más bajo de la misma. Los depósitos mostraban un canal central de erosión y fusión en el glaciar, el cual, por lo general, sobrepasaba el 50% del ancho total del depósito. En sectores más cercanos, en el canal central se desarrollaba una profunda fisura labrada en el glaciar, la que dejaba al descubierto tonalidades verdes y azules en los escarpes. La alta energía, temperatura y velocidad de estos flujos quedó demostrada por la presencia de grandes bloques de hielo arrastrados (5-10 m de diámetro), como también por las marcas de sobreflujo en

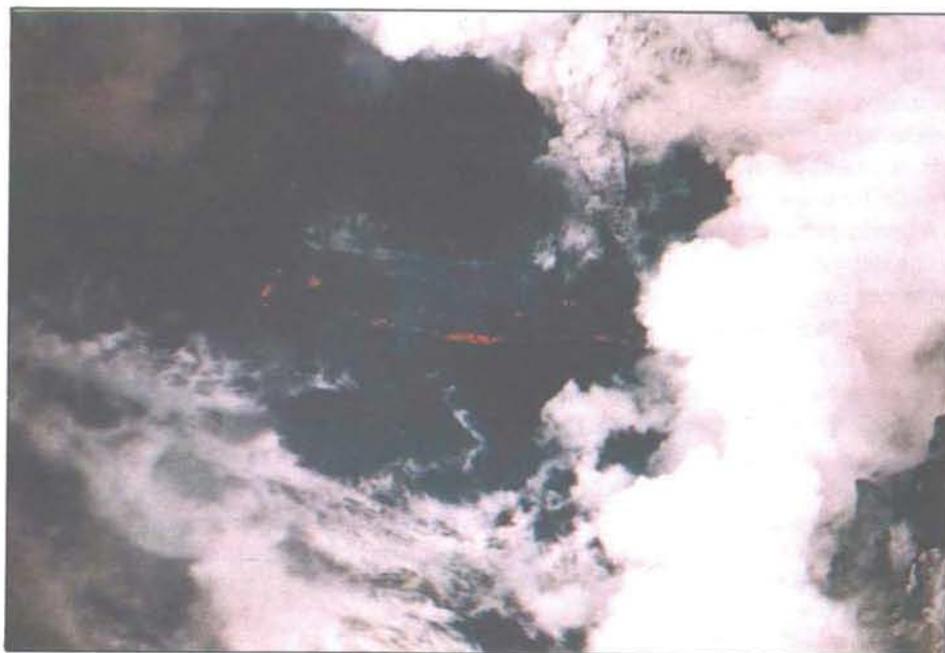


FIG. 9. Agosto 9, 14:00 horas, vista aérea próxima desde el ENE del interior de la pared occidental de la caldera; la colada de lava escurre incandescente bajo la fisura hacia el cráter de emisión de vapor de agua (Fotografía: Raúl Sangüesa H.).



FIG. 10. Agosto 9, vista al noroeste; depósitos laháricos con bloques de hielo que se extienden a partir del frente del ventisquero Huemules, sobrepasando, claramente, los cauces habituales de descarga del glaciar (Fotografía: Raúl Sangüesa H.).

las zonas relativamente más elevadas en la pared del valle.

### 10 de agosto

La actividad eruptiva había disminuido notablemente. En efecto, a las 16:00 horas ya no había evidencias de lavas incandescentes y, a lo largo de la fisura, sólo se apreciaban fumarolas blancas de vapor de agua (más de una docena). Las más intensas se ubicaban en la parte sur de la misma y, las más débiles, en el sector norte. La erupción de partículas y gases se concentraba en los últimos 50-100 m del extremo sur de la fisura. A través de tres cráteres coalescentes, ubicados a mitad de falda de la pared interior de la caldera, se elevaba una débil columna de gases y partículas de color gris-pardo claro. Las columnas eruptivas y fumarólicas apenas sobrepasaban el borde de la caldera, siendo dispersadas por el viento hacia el noreste.

El cráter desarrollado enteramente en el glaciar presentaba una forma circular, de unos 100 m de profundidad y anidaba una estructura en forma de domo de 150-200 m de diámetro. Este domo estaba constituido, aparentemente, por hielo intensamente fracturado. En la parte alta del domo y en sus bordes, se elevaba una débil fumarola de vapor de agua. Desde el cráter, se desarrollaron numerosas fracturas anulares y radiales en el hielo, las que afectaban la gruesa capa de unos 10-15 m de tefra negra acumulada a su alrededor y en todo el sector occidental de la caldera.

La nube de polvo en suspensión, desconectada ya del volcán, se encontraba sobre 10.000 m de altura y se reconocía a más de 600 km al norte, en dirección aproximada N10°E desde el Hudson (latitud de Puerto Montt). Hasta la madrugada, su velocidad media de dispersión era de unos 20 km/h.

### 11 de agosto

A las 09:00 horas, se apreciaba una actividad fumarólica ligeramente más intensa que el día anterior, debido probablemente, a la mayor condensación como producto de la baja temperatura matinal. La actividad eruptiva de la parte sur de la fisura era prácticamente nula y la eyección de partículas también lo era (Fig. 11).



FIG. 11. Agosto 11, 9:00 horas, vista aérea desde el NNE; se observan columnas menores de intensa actividad fumarólica (vapor de agua) alineadas a lo largo de la fisura, en la pared interna occidental de la caldera. En primer plano, el cráter de emisión de vapor de agua que anida el domo de hielo. Hacia el este, se aprecian 2 niveles de depósitos de flujos de escoria negra (Fotografía: J.A. Naranjo).

A las 12:45 horas se observó una explosión de cenizas pardo-rojizas desde el cráter, la que pudo haber sido una manifestación precursora de la segunda etapa eruptiva del ciclo. Efectivamente, a unos 3 km al sureste del extremo sur de la fisura y sobre el sector de escarpes rocosos en el piso de la caldera, a las 12:50 horas se inició la segunda erupción paroxismal. La explosión se expandió lateralmente hacia el noroeste y sureste, originando flujos de piroclastos (fragmentos de lava expulsados violentamente) en forma de oleadas turbulentas alrededor del cráter. Numerosos fragmentos de piroclastos eran proyectados balísticamente hasta 1.000 m de altura, dejando estelas 'cipresoidales' negras. La columna explosiva se iba tornando de una coloración blanco-negra a grisácea (Fig. 12 a-f).

A las 13:30 horas, se veían columnas de hasta 3 km de altura, de gases blancos y grises de diversas explosiones. Debido al viento norte reinante, se desarrolló una pluma hacia el sur, desde la cual se desprendía una lluvia de cenizas. Hasta las 16:30 horas, la magnitud de esta segunda erupción era mucho menor que la primera del 8 de agosto (tipo VEI = 2).

Durante la mañana fueron evacuadas once personas, en helicóptero, de un total de 16 pobladores damnificados del valle Huemules. A lo largo de éste, numerosos bloques de hielo (>5 m de diámetro) aún se encontraban esparcidos sobre un ancho de más de 500 m. Localmente, el flujo lahárico había sobrepasado meandros menores, cuyas terrazas quedaron cubiertas por bloques de hielo. En las cercanías de la desembocadura, la corriente de barro y bloques, se presentaba fangosa y con pozones de agua; su superficie limosa mostraba un amplio desarrollo de ondulitas.

## 12 de agosto

Las malas condiciones meteorológicas pronosticadas el día anterior, se hicieron sentir desde temprano el día 12, con fuertes vientos del norte y noroeste, lo que frustró cualquier intento de acercamiento aéreo al volcán. No obstante, mediante comunicación radial con Puerto Tranquilo, se tuvo conocimiento que, aproximadamente a las 12:00 horas, se inició la fase paroxismal de la segunda etapa eruptiva, de mayor magnitud que la anterior, iniciada el 8 de agosto.



a



b



c



d



e



f

FIG. 12. Agosto 11, 12:50 horas, vista aérea desde el oeste; sucesión de etapas iniciales de la segunda erupción. En el margen abierto de un cráter interior (a) y escarpes rocosos 3 km al sureste del extremo sur de la fisura, se observa la explosión freatomagmática (fragmentos y vapor de agua), con desarrollo de una nube 'cipresoidal' negra (b, c), tras la proyección ballística de piroclastos y de oleadas basales turbulentas (d), hacia el noroeste y sureste, disipándose, posteriormente (e, f) (Fotografías: J.A. Naranjo).

A las 12:45 horas comenzó una intensa lluvia de cenizas en Río Murta, 60 km al sur del volcán Hudson; siete minutos más tarde, se informó que lo propio ocurría en Río Tranquilo, 20 km más al sur. Desde estas localidades se comunicó, además, la ocurrencia de descargas eléctricas y un intenso olor a azufre. A las 13:00 horas comenzó la caída de cenizas en Puerto Guadal, 105 km al sur del volcán, estimándose que la velocidad de propagación de la pluma sobrepasaba los 100 km/h.

A las 14:30 horas y desde el vuelo comercial LAN Coihaique-Santiago, uno de los autores pudo observar, parcialmente, lo que acontecía sobre el volcán. En efecto, entre nimboestratos ubicados a una altura de 4.000 y 10.000 m, se veía una gruesa columna densamente cargada de cenizas, con forma de coliflor y de color pardo-grisáceo, que era dispersada hacia el sureste. Esta sobrepasaba claramente, los 10.000 m de altura (Fig. 6) y presentaba más de 5 km de ancho. Se observó nítidamente el crecimiento de una voluta de explosión, en la parte noroeste de la columna y que se elevaba a razón de 1,5 km/min (Fig. 13 a-d). A las 14:40 horas terminó la observación directa del proceso eruptivo.

### 13 de agosto

Las malas condiciones meteorológicas se mantenían invariables. Aproximadamente, entre las 05:00 y 06:00 horas, se sintieron sismos leves en Puerto Aisén y Puerto Chacabuco (a unos 60 km hacia el norte). Después de unas 20 horas desde el inicio de esta segunda etapa, la ceniza continuaba siendo dispersada hacia el sureste. El sector comprendido entre Villa Cerro Castillo y Bahía Murta presentaba, ocasionalmente, una visibilidad nula y la carretera debió ser cerrada a partir de las 15:30 horas. Hasta las 10:30 horas, las diversas localidades alrededor del Lago General Carrera, ubicado al sureste del volcán, estaban sometidas a una constante lluvia de cenizas, siendo el sector Villa Cerro Castillo-Chile Chico el más afectado, pues estaba ubicado a lo largo del eje de dispersión de la pluma. A esa hora, se informó de la acumulación de espesores de 3 cm de ceniza en Villa Cerro Castillo (62 km al sureste del volcán), 2 cm en Puerto Sánchez (79 km al sur del Hudson), 2 cm en Chile Chico (115 km al sureste), 1,5 cm en Río Tranquilo (80 km al sur) y menos de 1

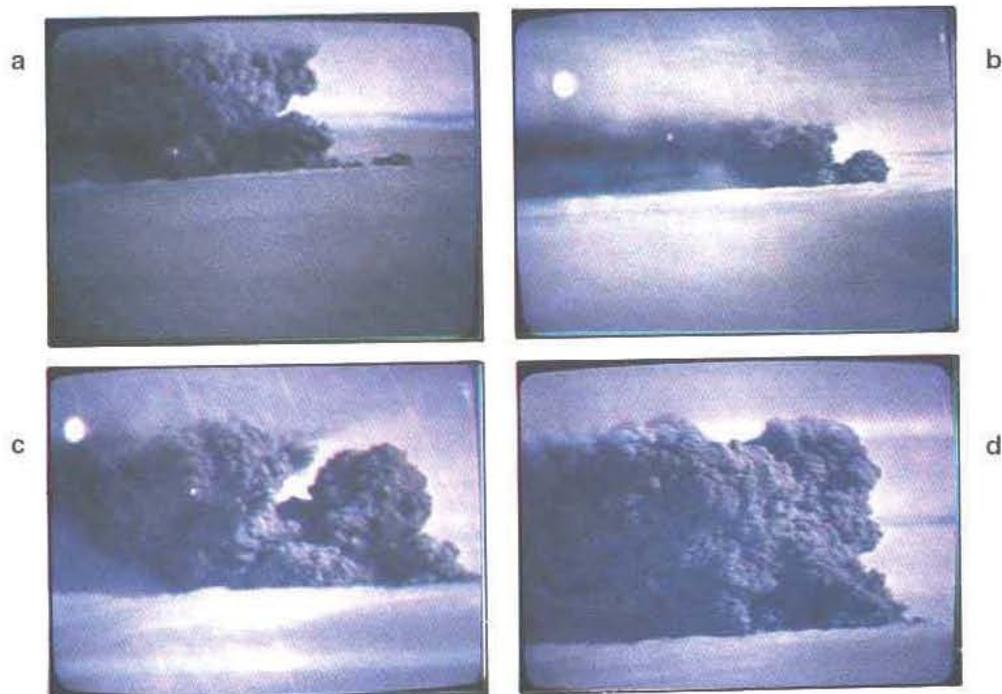


FIG. 13. Agosto 12, 14:30 horas; vista aérea desde el noreste, entre niveles de nimboestratos, se aprecia el crecimiento sucesivo (a→d) de una densa columna de partículas y gases que se elevaba por convección, formando convolutas en forma de coliflor y que era dispersada hacia el sureste (Fotografías: J.A. Naranjo).

cm en Puerto Guadal (105 km al sur).

En las diversas localidades afectadas por la pluma, se desarrollaban tormentas eléctricas esporádicas. Entre las 12:00 y 13:00 horas, se sintieron sismos de regular intensidad en Puerto Cisnes (130 km al norte del Hudson). Entre las 14:00 y 14:30 horas, la caída de cenizas llegó a su mayor intensidad en Bahía Murta, localidad que quedó completamente oscurecida y con una fuerte tormenta eléctrica.

De acuerdo a informes de vuelos comerciales, a las 16:30 horas, la columna eruptiva sobrepasaba los 15.000 m de altura (Fig.6) y la pluma presentaba un ancho aproximado de 60 km. El frente de ésta, ya desconectado, había llegado a las Islas Malvinas a las 11:00 horas (1.200 km al sureste), a una altura de unos 12.000 m y con una carga de alrededor de 250.000 t de SO<sub>2</sub>, según datos proporcionados por el satélite Nimbus-7.

#### 14 de agosto

A las 08:00 horas, la información satelital indicaba que la pluma registraba un ancho de 170 km sobre Puerto Deseado (Argentina) en la costa atlántica, ubicado a 570 km al sureste del volcán Hudson.

A las 12:00 horas la columna eruptiva tenía una altura estable de 16.000 m, cuando la pluma comenzó a desconectarse definitivamente del volcán de acuerdo a información del satélite GOES. Por otra parte, datos del satélite Nimbus-7 indicaban que, a las 11:00 horas un segmento de la pluma, rico en SO<sub>2</sub>, se ubicaba cerca de la isla Georgia del Sur (2.600 km al este- sureste del volcán) y otro segmento menor, sobre las Islas Malvinas (1.200 km; Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991b).

A las 14:30 horas, Chile Chico y Puerto Ibáñez sufrían una intensa caída de cenizas produciendo un oscurecimiento casi total. A las 16:00 horas se sintió una fuerte actividad sísmica a más de 60 km hacia el sur sureste del volcán, cerca de Villa Cerro Castillo, donde caían fragmentos de pómez de hasta 3 cm de diámetro. A 55 km, se registraba precipitación de partículas de hasta 5 cm de diámetro (lapilli grueso). En sectores más cercanos al volcán (34 km), se midieron bombas aplanadas de pómez de más de 20 cm de diámetro. A 10 km del volcán, se encontraron bombas pumíceas proyectadas balísticamente, de hasta 1 m de diámetro y el espesor del depósito sobrepasaba los 2,5 m (Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991c).

Durante la tarde del 14 de agosto, comenzó a disminuir la caída de ceniza en algunas localidades. En efecto, pasadas las 16:00 horas ya había decrecido la lluvia de ceniza en todo el sector occidental del Lago General Carrera. A partir de las 17:25 horas, comenzó a mejorar la visibilidad y, sólo en ocasiones llovía ceniza en Chile Chico. Sin embargo, imágenes de los satélites GOES y NOAA 9 y 11, mostraban que una erupción continua comenzaba nuevamente a las 20:00 horas. La pluma se propagaba hacia el sureste a una velocidad de 185 km/h, a alturas estratosféricas de 17-18 km (Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991b), siendo éstas las máximas que se habían registrado durante el ciclo eruptivo (Fig. 6).

Dos horas más tarde, a las 22:00 horas, comenzó a sentirse actividad sísmica leve en Coihaique, 75 km al noreste del Hudson. Una serie de 5 sismos mayores (magnitud >5) que comenzó a las 22:38 horas (Tabla 1), fue detectada cerca del Hudson por la Red Sísmica Mundial Estandarizada (Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991b).

TABLA 1. SISMOS CERCANOS AL VOLCAN HUDSON REGISTRADOS POR LA RED SISMICA MUNDIAL EL 15 DE AGOSTO DE 1991.

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud	Profundidad
14 agosto	2238:15	45,6°S	72,6°W	5,2 m <sub>b</sub>	13 km
15 agosto	0039:08,5	45,7°S	72,6°W	5,3 m <sub>b</sub>	
	0250:37,9	45,8°S	72,5°W	5,3 m <sub>b</sub>	
	0546:15,7	45,7°S	73,2°W	5,7 M <sub>s</sub>	
	0816:19,3	45,6°S	71,9°W	5,3 m <sub>b</sub>	

### 15 de agosto

La actividad sísmica iniciada la noche anterior, se prolongó con sismos menores hasta las 12:00 horas del día 15. Estos se sintieron con una intensidad entre 1 y 2 grados (Mercalli) en la comuna de Coihaique.

Las condiciones del tiempo continuaban malas, con vientos predominantes del noroeste. La pluma, probablemente más angosta, se mantenía hacia el sureste. La lluvia de cenizas finalizó definitivamente pasadas las 14:00 horas sobre Chile Chico, localidad ubicada a lo largo del eje de la misma. Según las imágenes satelitales (Fig. 14), al amanecer de ese día, la pluma se extendía 1.500 km al sureste, sobrepasando las Islas Malvinas, donde se bifurcaba tornándose rápidamente difusa, alcanzando su máximo ancho de 370 km (Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991b). El espectrómetro del satélite Nimbus-7 indicaba que a las 11:00 horas, la pluma ya se había desconectado del volcán y contenía aproximadamente el doble de  $\text{SO}_2$  que el día 13, es decir, unas 500.000 toneladas.

### 16 de agosto

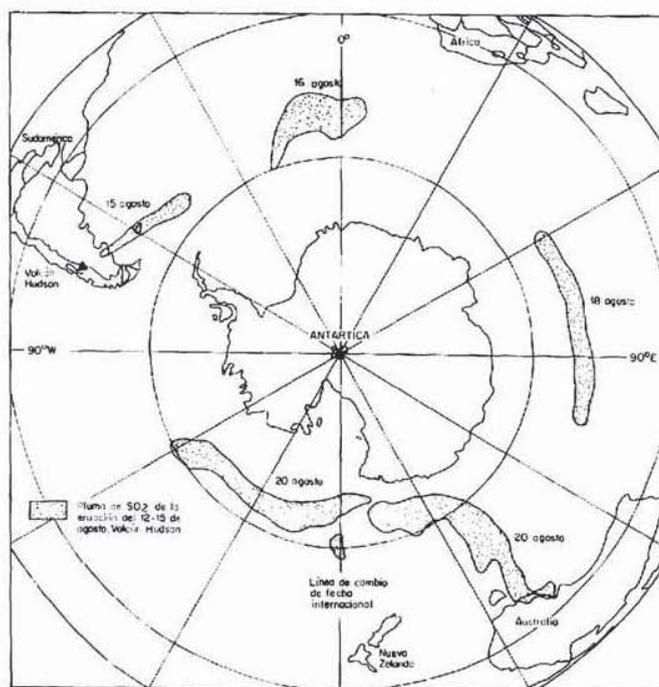
Las condiciones meteorológicas inestables no permitieron efectuar observaciones directas de lo que había y estaba sucediendo en el volcán desde el inicio de esta erupción, como tampoco comprobar las modificaciones estructurales que la caldera habría tenido. El día 16 la caída de cenizas había cesado por completo y no se registraron sismos.

### 17 de agosto

Por efecto de fuertes vientos, se produjo la remoción del material piroclástico depositado, generando densas nubes de polvo en suspensión en Chile Chico, Mallín Grande, Puerto Sánchez, Puerto Cristal, Murta y Puerto Guadal. A partir de las 20:00 horas comenzó a funcionar una estación sísmológica portátil en el lago Elizalde, sector Cerro Iglesia, 55 km al noreste del volcán, y se intentó la instalación de otra estación portátil en Villa Cerro Castillo.

A través de la red de radioaficionados de la zona, se emitió un comunicado, dando instrucciones para efectuar medidas detalladas de espesores de ceniza caída y de tamaño máximo de partículas (Tabla 2).

FIG. 14. Vista polar de la migración de la pluma de  $\text{SO}_2$  del Hudson, alrededor del mundo. Las concentraciones del 20 de agosto están desfasadas en 24 horas, pues la de la izquierda había sobrepasado la línea de cambio de fecha internacional (modificado de Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991b).



**TABLA 2. DATOS PRELIMINARES OBTENIDOS POR RADIO, DE ESPESORES Y TAMAÑO MÁXIMO DE PARTICULAS CAIDAS DURANTE LA SEGUNDA ERUPCIÓN DEL VOLCAN HUDSON, ENTRE EL 12 Y 15 DE AGOSTO (UBICACION DE LOCALIDADES EN LA FIGURA 1).**

Localidad	Espesor (cm)	Tamaño máximo de las partículas (cm)
Chile Chico	12	<<0,1
Cochrane	0,5	ceniza fina
Mallin Grande	0,9	ceniza fina
Puerto Ibáñez	4,5	0,5
Villa Cerro Castillo	5	0,5
Bahía Murta	2,5	1,5
Puerto Tranquilo	1,5	0,1
Puerto Guadal	2	<0,1
Puerto Sánchez	1	arena fina
Puerto Cristal	4,3	0,5

Con los datos obtenidos, se pudo estimar en forma preliminar un volumen de 4,8 km<sup>3</sup>, correspondiente al material piroclástico emitido (pómez) durante esta segunda erupción.

### 18 de agosto

Aun cuando las condiciones de visibilidad en el área del volcán no eran favorables, a las 13:00 horas se efectuó un vuelo desde Coihaique. Sólo fue posible comprobar que no había manifestación alguna de actividad, al menos sobre el techo de la nubosidad (2.900 m s. n. m).

A las 16:00 horas se obtuvo el primer registro sismográfico desde la estación Elizalde, contabilizándose aproximadamente 48 microsismos en 20 horas. Esa actividad sísmica habría sido producida por explosiones magmáticas a nivel de la cámara y/o chimeneas del volcán Hudson. El registro microsísmico se mantuvo constante hasta fines de agosto. En la figura 15, se detalla el monitoreo de la actividad microsísmica, el cual se interrumpió a comienzos de septiembre y octubre.

### 19 de agosto

Continuaba la inestabilidad meteorológica. Los vientos superficiales locales producían ventiscas de polvo y ceniza volcánica, especialmente en sectores abiertos, como en todo el litoral del lago General Carrera. En toda la zona, la fracción más fina del material emitido se encontraba adherida a las ramas de plantas y árboles, lo que facilitaba su remoción por acción eólica. La actividad microsísmica continuaba decreciendo, registrándose una notable disminución del número de eventos (23) (Fig. 15).

### 20 de agosto

Las condiciones meteorológicas mejoraron en toda la zona, quedando el cielo despejado y con buena visibilidad. En efecto, a las 07:10 horas se pudo observar que desde el sector del volcán Hudson se desplazaba una débil pluma brumosa de color pardo-rojizo hacia el sureste, a una altura estimada en 2.500-3.000 m. Esta se mantuvo hasta las 08:00 horas cuando comenzó su disipación. Su origen habría sido la condensación del vapor de agua y concentración de partículas del polvo volcánico emitido, debido al viento noroeste.

De acuerdo a información del satélite Nimbus-7 y de vuelos comerciales internacionales (Bulletin of the Global Volcanism Network 1991b), el día 20 de agosto, la pluma eruptiva en forma de nube y de unos 500 km de largo y 100 km de ancho, había alcanzado Australia (15.000 km al este). Posteriormente, continuó desplazándose rápidamente hacia el este por los vientos geostróficos, alcanzando posteriormente Chile el 21 de agosto, habiendo demorado poco más de una semana (9 días) en dar la vuelta al globo (Fig. 14).

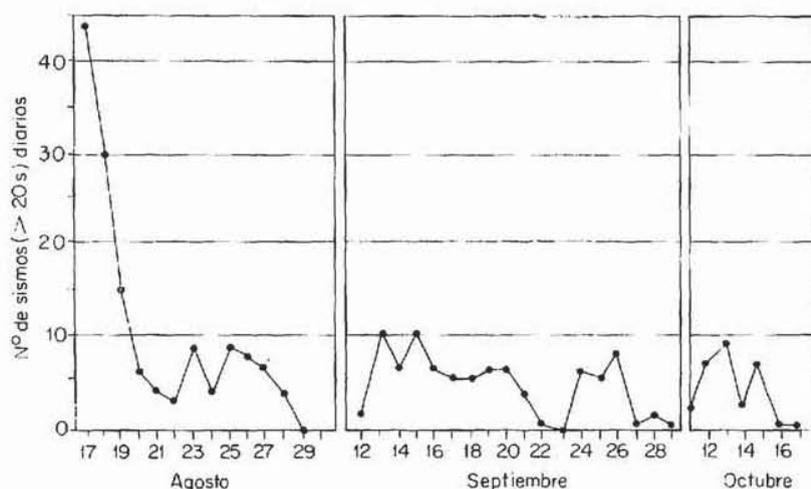


FIG. 15. Variaciones del número de microsismos del volcán Hudson, cuya duración excedió los 20 segundos, entre el 17 de agosto y el 17 de octubre. Datos inéditos recogidos por H. Massone, G. Fuentealba y M. Villouta desde la estación sísmológica ubicada en la ribera sur del lago Elizalde.

Por primera vez desde la activación paroxismal de la segunda erupción, se pudo efectuar una observación directa de la caldera Hudson y de este modo, apreciar los cambios estructurales que ocurrieron en ella.

La zona de la caldera se presentaba completamente cubierta por la nieve caída durante la semana anterior. Las paredes internas del borde y el cráter de la primera erupción se mostraban enteramente nevados. Sobre una vasta zona alrededor de éste, se mantenía una pequeña columna de actividad fumarólica, particularmente de vapor de agua, la que apenas sobrepasaba el borde oeste de la caldera. A lo largo de la fisura, también se reconocía actividad fumarólica y un grado relativamente mayor de fusión de la nieve.

El sector del segundo cráter mostraba cambios notables. Este correspondía a una estructura circular deprimida, de suelo plano, de unos 800 m de diámetro y cubierto de nieve, localizado a unos 4.5 km al sureste del cráter primario. Se había desarrollado en el sector rocoso del piso de la caldera. Alrededor de él, al oeste, sur y sureste, se presentaban numerosas fracturas concéntricas verticales en el glaciar, cuyo diámetro máximo llegaba a 4 km en sentido noroeste-sureste. La zona de fracturas se mostraba suavemente inclinada hacia el cráter central, constituyendo una vasta zona deprimida en la superficie del casquete, como consecuencia de la fusión del hielo debido a la intensa actividad termal durante la erupción (Fig. 14). Estructuras notablemente similares se desarrollaron en las áreas del campo geotermal de Grímsvötn, Isla (Björnsson *et al.*, 1982; Björnsson, 1983). A través de las fracturas más externas del sur y suroeste, se desarrollaba actividad fumarólica de vapor de agua menor y algunas explosiones que elevaban ceniza y polvo hasta unos 100 m, siendo rápidamente dispersadas al noreste por el viento predominante al nivel del piso de la caldera. Una intensa actividad fumarólica blanca, que se elevaba hasta por 400 m, era emitida desde la base de todo el borde del cráter central. Las fracturas mostraban una coloración pardo oscura debido a la acumulación de ceniza a lo largo de ellas. Presentaban anchos de hasta 30 m y espaciamientos variables desde 5 hasta unos 100 m; se concentraban principalmente desde el cráter hasta el borde sur de la caldera.

Aunque la actividad microsísmica se mantenía, ésta seguía disminuyendo notablemente desde los días anteriores, registrándose sólo 11 eventos (Fig. 15). Entre los días 20 y 21 de agosto se registraron sólo 6 sismos detectables por instrumentos en la estación ubicada en la ribera sur del lago Elizalde, a unos 50 km al noreste del volcán.

### 23 de agosto

Se observó actividad fumarólica muy intensa a lo largo de la fisura en el borde occidental de la caldera y, principalmente, en tres sitios del margen S del cráter 2 (Fig. 17). En las paredes internas del cráter 1, la actividad fumarólica era menor.



FIG. 16 Agosto 20, vista desde el ESE; se observan los cambios estructurales sufridos en el volcán Hudson, debidos a la segunda erupción paroxismal. Se aprecian las fracturas concéntricas con intensa actividad fumarólica, desarrolladas en el casquete anclado en la caldera, cuya pared occidental cubierta de nieve, se observa al fondo. Ambos cráteres muestran actividad fumarólica de vapor de agua (Fotografía: J.A. Naranjo).

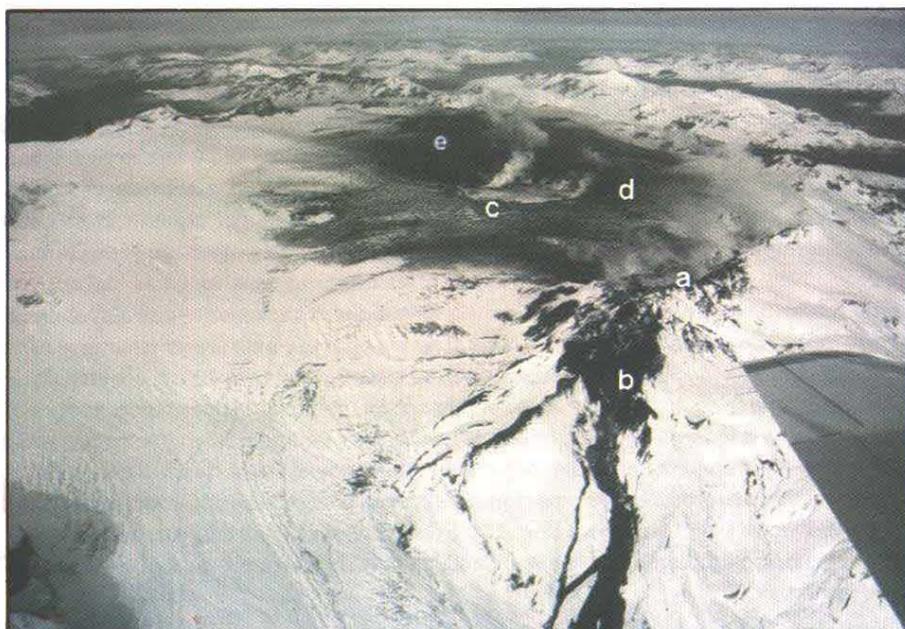


Fig. 17 Agosto 23, vista desde el noroeste. Se observa (a) intensa actividad fumarólica a lo largo de la fisura de la primera erupción, sobre el borde oeste de la caldera, y de donde se descuelgan las coladas de lava hacia el noroeste (b); al sureste, sobre el glaciar, se ve el cráter de fondo plano de la segunda erupción (c), también con intensa actividad fumarólica. La estructura de fracturas concéntricas (d) mantenía un alto flujo calórico. Nótese la presencia de material piroclástico sobre la nieve al sureste del cráter (e), producido por explosiones menores ocurridas después del 20 de agosto (Fotografía: N. G. Banks).

Debido a una mayor acumulación de piroclastos hacia el sector suroriental a lo largo del río Ibáñez, se comprobó un rápido incremento de los procesos de sedimentación en la zona del delta (desembocadura) en el Lago General Carrera. Ese hecho generó crecidas aluvionales y embancamientos menores, aguas abajo de la confluencia con el río Cajón.

Asimismo, se produjo un notable aumento de la turbidez de los lagos del sector del lago Lapparent y otros menores (Alto, Verde, Las Ardillas y Central), reconociéndose una cubierta de pómez en los bordes orientales de los mismos; incluso, algunos de ellos se encontraban virtualmente sepultados. Por su parte, el lago General Carrera mostraba 'islas de pómez' de centenares de metros de diámetro y de hasta 3 m de espesor. La actividad sísmica, que había tenido un descenso a sólo dos eventos el 22 de agosto, al día siguiente registró un incremento a 9 sismos, aunque iniciando una disminución constante durante la última semana de agosto (Fig. 15; Bulletin of the Global Volcanism Network, 1991d).

### Septiembre

El 14 de ese mes se observaron abundantes fumarolas en diferentes sitios localizados principalmente en el borde sur del cráter 2. La fusión de la nieve por la intensa actividad termal, permitía observar con mayor nitidez las fracturas concéntricas alrededor de este cráter. La estación sismológica del lago Elizalde fue levantada el 30 de agosto, para ser reinstalada el día 12 de septiembre. La actividad sísmica se mantuvo fluctuante hasta el 16, estabilizándose en 6-7 eventos diarios hasta el 20 de septiembre (Fig. 15). Después de decrecer regularmente, se mantuvo fluctuante desde el 24 de ese mes. Efectivamente, se registraron 9 sismos entre el 26 y 27, pero sólo 1-2 eventos diarios los días siguientes hasta el 30 de septiembre.

### Octubre

Días antes del 6 de octubre, se produjo una erupción menor de cenizas, cuya columna fue dispersada hacia el sureste por más de 8 km. Fotografías tomadas ese día mostraban la distribución de la ceniza, lo que contrastaba con lo observado a mediados del mes de septiembre.

El 11 de octubre, aproximadamente a las 22:00 horas, se produjo una nueva corriente de barro por más de 20 km a lo largo del valle Huemules, la cual derivó al sur-suroeste, hacia el Cupquelán, hasta Bahía Erasmo, a unos 45 km del volcán. El poblador Félix Colivora-Chiguay sufrió serios trastornos estomacales y mareos por el intenso olor a azufre en el valle Cupquelán. Esa noche, también, se sintió olor a azufre hasta unos 100 km al sur del volcán y también en Coihaique (75 km al noreste), temprano en la mañana del día siguiente, desapareciendo el fenómeno definitivamente el día 13 de octubre.

Durante la noche del día 11 de octubre, se informó de una pequeña caída de ceniza fina (61,41% SiO<sub>2</sub>) en Bahía Murta, casi 60 km al S del Hudson. Entre las 04:00 y 11:30 horas del 12 de octubre se registraron varios sismos pequeños en la estación Elizalde (Fig. 15).

Observaciones directas durante el 16 de octubre (G. Villarroel, M. Villouta y J. Cartes), indicaban que el nuevo flujo de barro parecía mayor que el del día 8 de agosto, aunque sus constituyentes eran muy similares (cenizas, hielo, barro, etc). Se observaron, además, numerosos animales domésticos atrapados en el barro y cinco de ellos, muertos. Las malas condiciones meteorológicas durante octubre, no permitieron efectuar una observación directa de la caldera, por lo que no fue posible comprobar si el flujo de barro fue causado por actividad fumarólica intensa (como había sucedido con el flujo de barro en 1973), o por una emisión de lava (como en 1971 y el 8 agosto de 1991).

A mediados de octubre, la sismicidad se mantenía fluctuante siempre bajo los 10 sismos diarios (Fig. 15), situación típica desde el rápido decrecimiento que se registró después de la erupción paroxismal del 12-15 de agosto. Durante la última semana de octubre, se registró un promedio de dos microsismos diarios.

El día 27 de octubre, entre las 18:30 y 19:00 horas se observaron explosiones débiles que no sobrepasaban 1 km sobre el cráter (R. Figueroa, comunicación verbal, 1991). Esas explosiones se disipaban rápidamente hacia el este-noreste y correspondían a columnas blanco grisáceas (ricas en vapor de agua), con material particulado, que le daba una coloración parda. Las explosiones se desarrollaban en el cráter principal 2, en el sector más deprimido de la zona de fracturas concéntricas en el glaciar de la caldera (Fig. 18). Debido a la fusión de la nieve, toda la zona de fracturas aparecía cubierta de un manto de piroclastos de



FIG. 18. Octubre 27, 18:30 horas. Erupciones menores en el cráter principal. El material piroclástico y gases eran dispersados hacia el ENE. En primer plano, sobre la cubierta de piroclastos acumulados alrededor del cráter, se observan cráteres de impacto de bombas (Fotografía: R. Figueroa).



FIG. 19. Octubre 27, 18:30 horas, vista hacia el este. La estructura del cráter de la segunda erupción había cambiado; el piso ya no era plano, sino con forma de embudo (Fotografía: G. Villarroel).

color pardo claro, cuyo espesor localmente sobrepasaba los 5 m. En esta oportunidad, el cráter ya no exhibía un fondo plano y el fracturamiento alrededor de él se notaba más densamente expuesto en el depósito piroclástico. Por primera vez, se hacían notables los cambios estructurales del cráter 2. Efectivamente, éste se ubicaba en la parte central de una zona deprimida como un embudo abierto de unos 2 km de diámetro en su parte más ancha, la cual mostraba al norte un escarpe bien definido de más de 30 m (Fig. 19). Las fracturas concéntricas se desarrollaban regularmente fuera de esa zona hasta los bordes sur y suroeste de la caldera. Sólo remanentes de nieve persistían hacia los sectores externos más retirados. El cráter central se presentaba ahora más angosto (500 m) y más deprimido (200 m) presumiblemente por colapso. En él, se distinguían dos centros de actividad eruptiva (al norte) y dos centros de actividad fumarólica (vapor de agua) en la pared sur. El 27 de octubre, la fisura y el cráter de la primera erupción, se veían completamente inactivos.

### **Noviembre-Diciembre**

Durante estos meses no se registró actividad eruptiva, aunque continuó una débil actividad fumarólica en los centros de emisión.

### **Enero 1992.**

Un vuelo en helicóptero efectuado el día 21 de enero, permitió una observación directa de las estructuras de la caldera, la posibilidad de aterrizar sobre ella y caracterizar la actividad que presentaba el volcán. En los diferentes centros de emisión, el volcán Hudson mostraba actividad fumarólica débil. En la pared interior de la parte norte de la caldera se había producido un deslizamiento o caída de rocas, afectando las rocas alteradas del sector. La parte norte de la fisura de la primera erupción tenía 1.5 km de largo, unos 200 m de ancho y más de 100 metros de profundidad; en el fondo, presentaba escasas fumarolas (Fig. 20). El cráter freatomagmático (cráter 1) de la erupción inicial, todavía mostraba un domo de hielo bordeado por agua turbia de color bayo y no presentaba actividad fumarólica. El glaciar del piso de la caldera, incluyendo el cráter de la segunda erupción mayor (cráter 2), estaba cubierto de bombas y lapilli grueso (fragmentos de pómez de más de 3 cm y hasta 100 cm de diámetro), con un espesor estimado en más de 10 m. A lo largo de las fracturas concéntricas, intensamente quebradas, se observaron bloques escalonados inclinados que exponían los depósitos del material eyectado durante la erupción del 12-15 de agosto. En condiciones de temperaturas templadas se observaron fumarolas débiles de vapor con un intenso olor a azufre. En el cráter central y sus alrededores se apreciaban numerosas lagunillas de agua azul-verdosa y pardo pálido, algunas de las cuales correspondían a fondos de cráteres de explosiones freáticas (Fig. 21). Otra depresión circular de más de 300 m de diámetro, se había formado a unos 3 km al este del cráter 2. Alrededor de ella, también se distinguían grietas concéntricas que no mostraban colapsos relativos.

Se pudo observar, en detalle, la presencia de diferentes flujos de lava solidificada sobre el flanco noroccidental del volcán, arrojados durante la primera erupción (8-9 agosto). Son de tipo 'aa', color pardo-rojizo y se extienden desde la fisura hasta el ventisquero Huemules, a lo largo de 1.5 km. El glaciar del Huemules se presentaba intensamente fracturado y parcialmente cubierto por depósitos laháricos y cenizas. Sobre él, se distribuían numerosas lagunillas de aguas verdosas. Al sureste de la caldera, los intensos vientos removían las partículas finas a lo largo de los valles y cordilleras produciendo una bruma pulverulenta grisácea constante en la zona. Este fenómeno podría perdurar durante años en condiciones meteorológicas relativamente secas. Las características climáticas semiáridas del sector oriental del lago General Carrera, han favorecido este proceso de remoción eólica.

## **PRODUCTOS DE LA ERUPCION**

### **LAVAS**

Sólo las observaciones aéreas efectuadas en la mañana del día 9 de agosto de 1991, permitieron registrar la emisión de lavas de este ciclo eruptivo. Estas fueron extruidas desde la fisura en el sector occidental de la caldera, durante la primera erupción (Figs. 9, 17, 20). La composición basáltica de las lavas (a juzgar por la



FIG. 20. La parte norte de la fisura exhibe un cráter de unos 200 m de ancho, abierto hacia el taldeo externo de la caldera, desde donde fue emitida la lava hacia el sector noroeste (primer plano, izquierda) (Fotografía: J.A. Naranjo).

composición de la ceniza), permite inferir una emisión de alta temperatura (probablemente  $>1100^{\circ}\text{C}$ , Williams y Mc Birney, 1979) y, consecuentemente, de muy baja viscosidad. Efectivamente, en la mañana del día 9 de agosto la lava todavía era emitida desde la parte sur de la fisura, como fuente o surtidor de hasta unos 200 m de altura. Sin embargo, la mayor cantidad de lava escurrió bajo el glaciar y se encauzó hacia el ventisquero Huemules, proceso parcialmente observado durante la tarde del día 9 de agosto (Fig. 9). Desde la parte norte de la fisura, la lava fue emitida a través de otro surtidor (Fig. 20) desarrollando un flujo principal, desde cuyos bordes, una vez sobrepasados por emisiones posteriores, se generaron diversos brazos o ramificaciones. Algunos flujos se extendieron hacia el noroeste, por más de 1,5 km sobre el flanco de casi  $20^{\circ}$  de pendiente, hasta alcanzar el ventisquero Huemules y desde allí hacia el oeste, hasta 1 km bajo el costado sur del glaciar.

Las coladas más pequeñas son de 3 a 5 m de ancho y de apenas 1 m de espesor; las mayores alcanzaron unos 20 m de ancho, con 3 m de potencia. Estas coladas presentan un color pardo-rojizo oscuro, debido a la intensa oxidación al escurrir a alta temperatura sobre la nieve. En superficie, presentan una textura ganchuda de tipo 'aa', generalmente escombrosa. Todas las coladas desarrollaron bancos laterales o 'levées' bien definidos y canales centrales con cordones arqueados en la dirección de la corriente (Fig. 22). En el extremo norte de la fisura se pudo distinguir una colada menor y flujos colgados muy cortos tipo 'coulée', con las mismas características texturales de las coladas más grandes. Las diversas coladas fluyeron sobre la cubierta de cenizas de la primera erupción. Se infiere por lo tanto, que fueron emitidas inmediatamente después del apogeo de la misma (8 de agosto), perdurando su actividad hasta el inicio de la tarde del día 9 de agosto.

#### PIROCLASTOS

Las erupciones del ciclo 1991 del volcán Hudson fueron de alta explosividad con un VEI =3 (índice de explosividad volcánica) para la primera (8-9 de agosto) y un VEI=4 para la segunda (12-15 agosto) (Fig. 6). En consecuencia, el mayor volumen del material de la erupción correspondió a piroclastos (fragmentos de lava y rocas generados por efecto de las explosiones). Las características del material eyectado en ambas erupciones son claramente disímiles, hecho que implica un mecanismo eruptivo complejo para este ciclo explosivo (ver Pág. 38).

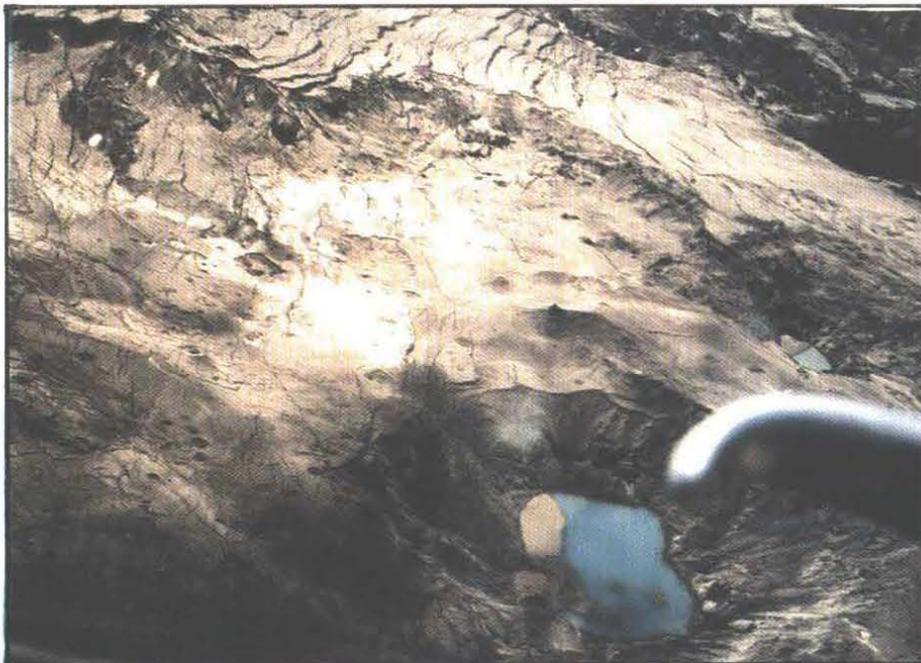


FIG. 21. Cráteres de explosión freática, rellenos de agua azul-verdosa, en los alrededores del cráter principal. Nótese la presencia de cráteres de impacto de bombas sobre los gruesos depósitos de piroclastos y, en segundo plano, fracturas de colapso de estos depósitos (Fotografía: J.A. Naranjo).



FIG. 22. Colada de lava sobre el flanco noroeste de 20° de pendiente. Esta muestra una estructura tipo 'aa' -escombrosa y un canal central entre dos niveles de bancos laterales o 'levées' (Fotografía: J.A. Naranjo).

## Primera erupción (8-9 de agosto)

### Características del material

Los piroclastos eyectados durante esta erupción varían en tamaño desde bombas y lapilli grueso, a ceniza y polvo volcánico. La composición de los fragmentos más abundantes corresponde a escorias negras a gris oscuras. El *lapilli* (2-64 mm) consiste casi exclusivamente en escoria irregular, de bordes ganchudos (Fig. 23). Son muy vesiculares, presentan una notable disminución del tamaño de las burbujas hacia el exterior, tienen superficies de formas fluidas suaves y, en general, son afaníticos (sin cristales visibles). Tales características sugieren una intensa vesiculación del magma antes de la interacción explosiva con agua exterior o freática (Cas y Wright, 1987). Los fragmentos líticos (de rocas más antiguas) de tamaño lapilli son muy escasos (<<5%). La *ceniza* (<2 mm), más densa que el lapilli, está formada de partículas subprismoidales y angulosas. Está compuesta principalmente por esquirlas de vidrio volcánico, color pardo medio a traslúcido y contiene escasos cristales de piroxenos y plagioclasa, siendo más abundante la magnetita.

Los fragmentos de mayor tamaño corresponden a bombas (> 64 mm) de hasta 7 cm de diámetro; y fueron encontradas a una distancia poco mayor que 10 km al nor-noroeste del volcán.

### Distribución

El viento predominante durante la primera erupción, produjo la dispersión de la columna hacia el nor-noroeste. El material más grueso se distribuyó en torno a los centros alineados en la fisura occidental, siendo la proyección balística el mecanismo más probable para la acumulación en los sectores más cercanos, tanto al oeste como al este de la misma.

El colapso de la columna eruptiva, sobrecargada de fragmentos piroclásticos y debido a la presencia de la pared occidental de la caldera, generó a lo menos dos flujos o mantos de escoria. Estos cubrieron unos 7 km<sup>2</sup> hacia el interior de la caldera (Fig. 11), a lo largo de la fisura, alcanzando una longitud de 3 km al este. Los flujos, aunque calientes, no habrían sido capaces de fundir la nieve superficial, pues se derramaron sobre una capa de escorias acumulada previamente, la cual habría actuado como un aislante eficaz. El material tipo lapilli y ceniza se distribuyó en forma de una elipse muy elongada, con un eje N 10°E (Fig. 24). El particulado más fino (<10 $\mu$ ) que pudo alcanzar mayor altura, tuvo una mayor dispersión y según un eje desviado más al este (N50°E). Los sectores más afectados, en consecuencia, correspondieron a Puerto Chacabuco con una acumulación de 7 mm y Puerto Aisén con 5 mm durante las 16 horas de esta erupción. A poco más de 10 km al noreste del volcán, la capa de lapilli tenía un espesor de 10 cm. El volumen estimativo eyectado durante la erupción del 8-9 de agosto, alcanzó a poco más de 0,2 km<sup>3</sup> de tefra (200 millones de m<sup>3</sup>) (N.G. Banks e M. Iven, 1991)<sup>1</sup>.

## Segunda erupción (12-15 de agosto)

### Características del material

Los fragmentos de tefra eyectados durante esta erupción corresponden en tamaño a un espectro notablemente más amplio que el anterior. En efecto, éstas incluyen desde grandes bombas, hasta polvo volcánico. A diferencia de la erupción anterior, los piroclastos de esta erupción corresponden, en composición, a pómez de color gris a bayo claro, con textura fibrosa de vesículas tubulares, subparalelas a la orientación de fluidez (Fig. 25). Comúnmente, éstas presentan bandas negras escoriáceas. La densidad de estas pómez fluctúa entre 0,6-1,1g/cm<sup>3</sup>. Muestran variaciones texturales entre las bandas pumíceas con vesiculación mayor y las escoriáceas con vesiculación menor. En general, alrededor de un 55% corresponde a vidrio, un 5% a cristales y un 40% a vesículas o poros. Los cristales se presentan principalmente en cúmulos que incluyen plagioclasa de formas tabulares alargadas (0,3 a 1,5 mm), ocasionalmente con inclusiones de minerales opacos; piroxeno (0,5 - 0,1 mm); anfíbolos y opacos (magnetita).

Las *bombas* pumíceas (>64 mm) son muy irregulares, con formas elongadas y, en ocasiones, aplanadas. Las vesículas en su interior alcanzan a más de 2 cm de diámetro, y a sólo milímetros hacia el exterior. Son extremadamente frágiles y la mayoría se fragmentaron al impactar el suelo. No obstante, se midió

<sup>1</sup>1991. Report of the United Nations mission to Volcán Hudson, Chile. *United States Geological Survey, Cascades Volcano Observatory* (Unpublished), 61 p.

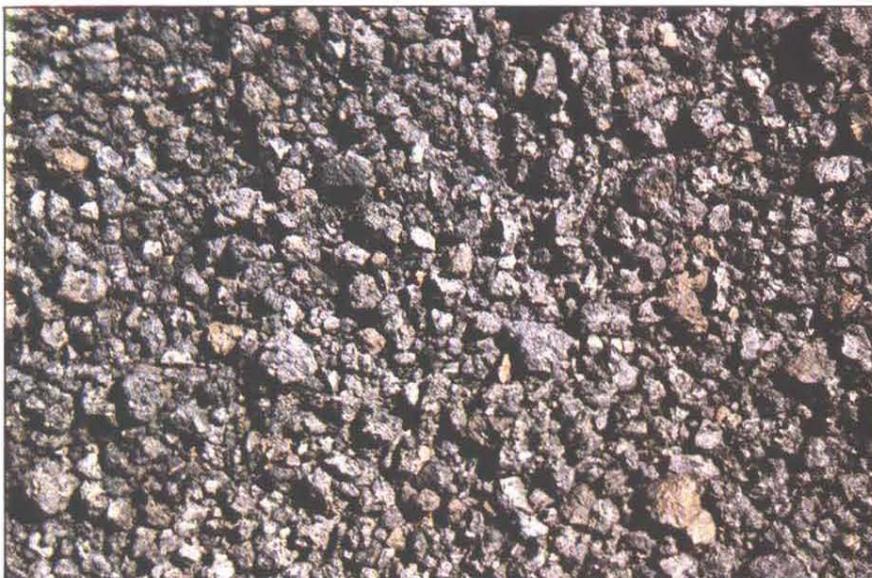


FIG. 23. Lapilli de escoria basáltica emitido durante la primera erupción (8-9 agosto), depositado unos 10 km al norte del volcán Hudson (Fotografía: J.A. Naranjo).

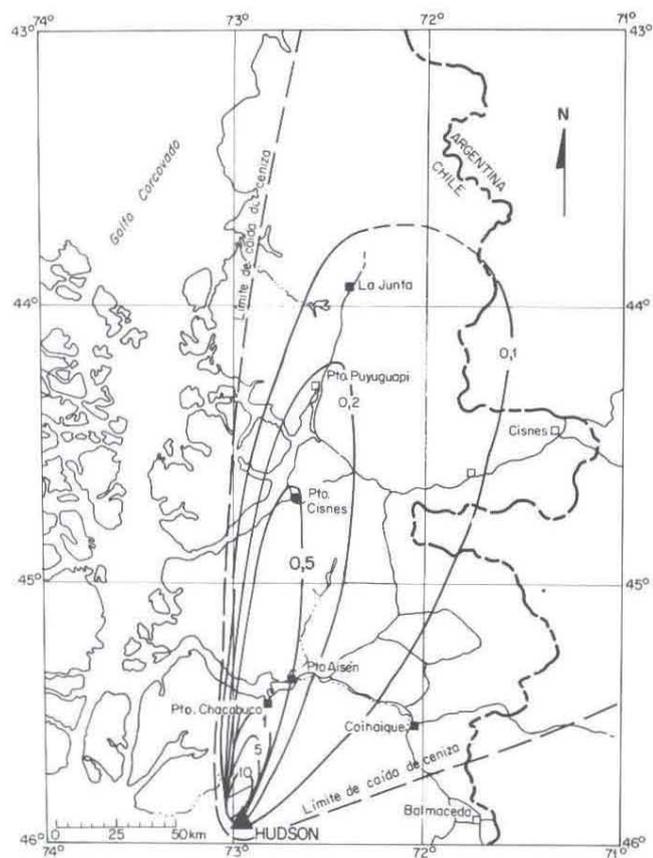


FIG. 24. Mapa de isópachas en cm (líneas de igual espesor) del material piroclástico eyectado durante la primera erupción. El eje de dispersión principal tiene una orientación N10°E, siendo el área cubierta muy angosta. El particulado más fino tuvo una desviación más inclinada al este (modificado de Banks e Iven, 1991).

una bomba de > 80 cm de diámetro, a 8 km al sureste del cráter de la segunda erupción.

El *lapilli* (2-64 mm) está constituido, principalmente, por pómez subesférica de bordes muy angulosos (>85%) y fragmentos líticos, escorias y obsidianas (<15%), de formas irregulares y angulosas (Fig. 26). La fracción de *ceniza* (<2mm) muestra proporciones similares de constituyentes como pómez y esquirlas (85-90%) y cristales, además de escasas partículas líticas (10-15%). Los cristales corresponden principalmente a magnetita, olivino, plagioclasa, piroxenos y trazas de biotita.

### Distribución

Durante los tres días de esta erupción, se produjo una gran columna de gases y piroclastos que eyectó material hasta la zona estratosférica con vientos geostroficados (>150 km/h) dirigidos hacia el sureste. Esto mantuvo una pluma relativamente angosta hasta una distancia de más de 700 km del volcán, cuyo eje de dispersión fue N130°E en el lado chileno, variando a N120°E sobre Argentina (Fig. 27).

Bombas proyectadas balísticamente, de diámetro variable entre 50 cm y 1 m, fueron encontradas a unos 10 km del cráter donde se acumularon más de 2,5 m de espesor. Por otra parte, la isópaca de 10 cm alcanzó el sector aledaño al suroeste de Chile Chico (120 km al sureste del volcán). Espesores de más de 3 cm se midieron en la costa atlántica argentina (560 km al sureste) y trazas de polvo se informaron en Río Gallegos, 700 km al sur-sureste del volcán.

La estratigrafía de los depósitos de caída de piroclastos, incrementa su complejidad hacia el eje de dispersión, especialmente en los sectores más cercanos (Fig. 28). En algunas localidades se depositaron hasta 15 capas de piroclastos de diferentes espesores, las que muestran variaciones granulométricas internas de tipo normal e inversa (entre cenizas y lapilli). En consecuencia, la estratigrafía del depósito no es uniforme y las variaciones pueden interpretarse debido a la presencia de zonas de forestación más densas que otras, lo cual, junto a los fuertes vientos imperantes durante la erupción, habrían actuado como factores selectivos secundarios.

Los materiales piroclásticos de la erupción del 12-15 de agosto cubrieron un área de unos 40.000 km<sup>2</sup> en Chile y más de 110.000 km<sup>2</sup> en Argentina, con un volumen total de pómez cercano a los 4 km<sup>3</sup> (Banks e Iven, 1991), equivalente a un volumen entre 1 y 1,5 km<sup>3</sup> de roca densa sin vesículas. En los sectores más cercanos al volcán y especialmente sobre los flancos del sureste, se formaron flujos secundarios de agua y pómez, inmediatamente después de la erupción, causados tanto por inestabilidad gravitacional, como por la

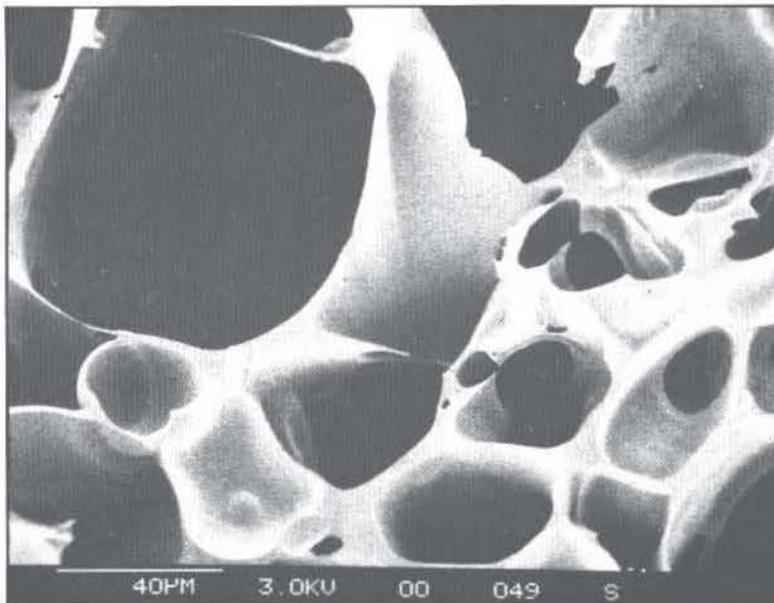


FIG. 25. Fotografía mediante microscopio electrónico de barrido de una pómez fibrosa (segunda erupción). Se observan las cavidades vesiculares, con paredes de vidrio muy delgadas y sin precipitación de volátiles. La barra corresponde a 40µ (microscopio electrónico, Universidad de Bristol).

