



INVENTARIO DE GLACIARES. ANDES DE CHILE CENTRAL
(32° -35° LAT. S.)
HOYAS DE LOS RIOS ACONCAGUA, MAIPO, CACHAPOAL
Y TINGUIRIRICA.

PUBLICACION INTERNA E.H. Nº 84/7

M

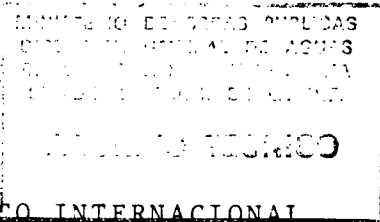
O

P

DGA
DEPARTAMENTO
DE HIDROLOGIA
SUB-DEPTO. ESTUDIOS
HIDROLOGICOS

GLA-388
c. 2

TRABAJO PRESENTADO A LAS JORNADAS DE HIDROLOGIA
DE NIEVES Y HIELOS EN AMERICA DEL SUR. 3 AL
3 DE DICIEMBRE DE 1964
SANTIAGO DE CHILE



PROGRAMA HIDROLOGICO INTERNACIONAL
JORNADAS DE HIDROLOGIA DE NIEVES Y HIELOS
EN AMERICA DEL SUR

INVENTARIO DE GLACIARES. ANDES DE CHILE CENTRAL (32°-35° LAT. S.)
HOYAS DE LOS RIOS ACONCAGUA, MAIPO, CACHAPOAL Y TINGUIRIRICA.

VALDIVIA, PEDRO*

El presente informe es una contribución del Departamento de Hidrología de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (MOP/DGA) al conocimiento de las características físicas y morfológicas de las masas de hielo y/o nieve perenne existentes en el país. La zona estudiada representa una superficie de 11.337 Km² y se ubica en Los Andes de Chile Central, cuyas faldas occidentales se extienden paralelas al Océano Pacífico por más de 320 kms. en dirección Norte-Sur; entre los meridianos 70°00 y 70°30' Longitud W y entre los paralelos 32°15 y 35°00 Lat. S. Hidrográficamente, el área corresponde a las hovas de los Ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca.

Mediante observaciones glaciológicas apoyadas en técnicas aerofotogramétricas, se reconoció e inventarió 1321 glaciares, que cubren un área de 902 Km², con la siguiente distribución porcentual por hoya: Aconcagua (16.8), Maipo (46.8), Cachapoal (24.6) y Tinguiririca (11,8).

El 50% de los glaciares presenta un tamaño promedio entre 0,1 y 0,99 Km², representando el 25,6% de la superficie total del hielo. A su vez el 11,6% de los glaciares con rango de tamaño entre 1 - 9.99 Km² representan el 50.0% de la superficie de hielo.

La relación entre las áreas de hielo expuesta y cubierta es del 79 y 21% respectivamente, con una distribución porcentual entre las áreas de ablación y acumulación del 51 y 49%, respectivamente. La distribución del hielo en altura presenta un valor promedio Regional de 3655±83 m.s.n.m.

El 58,3% de los glaciares reconocidos muestran superficies orientadas hacia el sector S. Los tipos glaciares más significativos corresponden a masas de hielos cubiertos y representan el 34.0%.

Las formas glaciares de falda representan el 26.9%, seguidas de las formas de nicho que alcanzan el 26.4%.

La línea de nieve se estimó, varía alrededor de los 3694±126 m.s.n.m., decreciendo desde el norte hacia el sur. Finalmente las reservas de agua sólida se estimaron en 79.5 Km³, que representan un equivalente líquido de 63,6 Km³.

El presente inventario está conforme con la Norma UNESCO-TTS/ WGI

(*) Geólogo de la Dirección General de Aguas
Casilla 30 B/Santiago 3/Santiago Chile S.A.

I.- INTRODUCCION:1.1 OBJETIVO Y ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:

El presente informe tiene como objetivo, mostrar el avance alcanzado en materia del Inventario Nacional de Glaciares, programa desarrollado por el Departamento de Hidrología de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (DGA/MOP) y cuya filosofía es tomar las abstracciones del conocimiento sistemático y aplicarlos a problemas concretos y prácticos del país, imaginando implicaciones futuras.

Su propósito es comunicar la distribución de las principales características de las reservas de agua congelada contenida en 1321 glaciares reconocidos en Los Andes de Chile Central mediante el análisis de las propiedades físicas relativas a la ubicación, superficie, cotas, pendientes, orientación, superficie cubierta, altura de línea de nieve, espesores medios y volúmenes, además, de la clasificación internacional de glaciares, conforme con la norma UNESCO, representada por la Hoja Standard de Datos del Secretariado Técnico Temporal (TTS) de la Oficina de Inventario Mundial de Glaciares (WGI).

El estudio considera los métodos y procedimientos de trabajo empleados en la confección del inventario y su almacenamiento de datos, cuya base se extiende a posteriores estudios del Servicio Permanente de Fluctuación de Glaciares (PSFG), con residencia en Zurich, Suiza.

1.2 UBICACION DEL AREA:

La Región estudiada se ubica entre los paralelos 32°15' y 35°00' Lat. S. y entre los meridianos 69°45' y 70°30' Long. W. Específicamente se extiende desde el borde Occidental de la Cordillera de Los Andes de Chile Central y hasta la zona limítrofe con la República Argentina. La figura 1, muestra la ubicación espacial, referida a las ciudades más cercanas.

1.3 METODO DE TRABAJO

El procedimiento utilizado en la preparación del inventario, consideró los siguientes aspectos:

1.3.1 Inventario de Glaciares

La caracterización y clasificación de los glaciares existentes en el área se ejecutó de acuerdo con la Norma Internacional propuesta por la oficina del Secretariado Técnico Temporal del Inventario Mundial de Glaciares (TTS/WGI). Muller, F., y Caflisch, T., Zurich, 1980, más algunas normas definidas por la D.G.A.

La distribución de las áreas glaciares existentes fue ajustada en conformidad con la Nomenclatura Hidrográfica establecida para la D.G.A., por Benitez, A. (1980), la cual, por decisión interna del Sub-Departamento Estudios Hidrológicos se modificó transformando el código de identificación numérico de la hoya por letras sucesivas a partir de la A, que identifican las subhoyas en estudio y cuyo código, ordenado por Región Administrativa y según el sentido Norte-Sur, es:

V REGION

054 RIO ACONCAGUA

0540 Aconcagua Alto

054 A R. Juncal ante junta E. Juncalillo

054 B R. Juncal ante junta R. Juncalillo y junta R. Blanco.

054 C R. Blanco

054 D R. Aconcagua entre R. Blanco y R. Colorado

054 E R. Colorado ante junta E. Riecillos

054 F E. Riecillos

054 L R. Putaendo bajo junta R. Hidalgo

054 N E. Quilpué

REGION METROPOLITANA

057 RIO MAIPO

0570 Río Maipo Alto

057 A R. Maipo bajo junta R. Negro

057 B R. Maipo entre R. Negro y R. Volcán

- 057 C R. Volcán
- 057 D R. Yeso
- 057 E R. Maipo entre R. Volcán y R. Colorado
- 057 F R. Colorado antes Junta Olivares
- 057 G R. Olivares
- 057 H R. Colorado entre R. Olivares y R. Maipo
- 057 N E. Aconcagua ante junta E. Paine (I)
- 057 U R. San Francisco
- 057 V R. Mapocho entre R. San Francisco y bajo junta
E. Arrayán

VI REGION

- 060 RIO RAPEL
- 0600 Cachapoal Alto
- 060 A R. Cachapoal en junta R. Cortaderal
- 060 B R. Cortaderal en desembocadura Laguna Pejerreyes
- 060 C R. Cortaderal entre L. Pejerreyes y R. Cachapoal
- 060 D R. Cachapoal entre R. Cortaderal y R. Pangal
- 060 E R. Pangal (R. Paredones) en junta con R. Blanco
- 060 F R. Blanco
- 0602 Tinguiririca Alto
- 060 A R. Tinguiririca hasta bajo junta R. Las Damas
- 060 B R. Tinguiririca entre R. Las Damas y R. del Azufre
- 060 C R. Azufre hasta R. Portillo
- 060 D R. Portillo
- 060 E R. Azufre entre R. Portillo y R. Tinguiririca

Los datos de cada glaciar que constituyen el Archivo Básico, fueron extraídos de la cartografía confeccionada mediante técnicas aerofotogramétricas, como es el caso en los inventarios de las hoyas de los ríos Aconcagua y Tinguiririca, lo que en conjunto significa un total de 80 láminas de 114x65 cms., dibujadas a tinta china y sobre papel plástico indeformable,

en escala 1:10000 con curvas de nivel cada 10 mts. de casi todas las áreas de nieve y/o hielo existente en dichas subhoyas, dispuestas sobre una base cartográfica reticulada según el sistema de coordenadas U.T.M. Igual validez alcanza el cálculo de las áreas glaciares, discretizadas cada 50 mts. de altura, que fue realizado mediante el Planímetro Electrónico o Digitalizador Summagraphics, constituido por las unidades Display y Analítica, Modelos ID-416 e ID-2-CTR-20, respectivamente.

En el caso de los inventarios de las hoyas de los ríos Maipo y Cachapoal, éstos se confeccionaron sobre cartografía regular, escala 1:50000.

Los espesores para cada glaciar fueron asignados de acuerdo con la relación discutida en el punto 2.8.-

Los volúmenes de hielo fueron calculados en función de las áreas y los espesores medios obtenidos.

Luego de la revisión final de los valores dispuestos en la Hoja Standard, se ejecutó la entrada de datos mediante el proceso de digitación computacional, y su registro final se encuentra almacenado en diskette de simple densidad.

El listado computacional, no incluido, considera las principales características de cada uno de los 1321 glaciares reconocidos, y está referido al plano general de ubicación del inventario y/o serie de 4 planos de cartografía glaciar específica, que se acompaña.

El presente inventario de glaciares se encuentra almacenado en la Oficina de Computación del Sub-Depto. Estudios Hidrológicos, en espera de pasar a integrar como ARCHIVO de Glaciares el Banco Nacional de Aguas, permaneciendo a disposición de cualquier usuario.

El tratamiento matemático de los problemas relativos a estadística, trazado y ajuste de curvas, como la complementación, listado y ordenamiento computacional de los datos, fueron ejecutados por el ingeniero Sr. Brahim Nazarala G., perteneciente al Sub-Departamento de Estudios Hidrológicos, apoyado por el mini computador IBM, Modelo 5110.

1.3.2 Cartografía

Las bases cartográficas utilizadas como apoyo al inventario, corresponden a las cartas (sección 4230 E/F), a escala 1:50000 confeccionados por el Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM) y cuya nomenclatura se indica a continuación, ordenada por subhojas:

Hoja: Río Aconcagua

<u>Hoja N°</u>	<u>Coordenadas</u>	<u>Denominación</u>
32	3215-7015	Río Rocín
33	3215-7000	Paso del Rubio
38	3230-7015	Río Colorado
39	3230-7000	Río Riecillos
45	3245-7015	Río Blanco
46/46A	3245-7000/6945	Portillo
52	3300-7015	La Disputada
53	3300-7000	Cordillera de los Piuquenes

Hoja: Río Maipo

59	3315-7015	Farellones
60	3315-7000	Río Colorado
61	3315-6945	Tupungato
67	3330-7015	San José de Maipo
68	3330-7000	Embalse El Yeso
69	3330-6945	Río Yeso
76	3345-7015	El Ingenio
77	3345-7000	El Volcán
78	3345-6945	Volcán San José

Hoja: Río Cachapoal

<u>Hoja N°</u>	<u>Coordenadas</u>	<u>Denominación</u>
7	3400-7015	Sewel
8	3400-7000	Cerro Catedral
9	3400-6945	Volcán Maipo
17	3415-7015	Río Cortaderal
18	3415-7000	Paso de Las Leñas

Hoja: Río Tinguiririca

26	3430-7030	Río Clarillo
27	3430-7015	C° Alto Los Arrieros
35	3445-7030	Sierra de Bellavista
36	3445-7015	Termas del Flaco

1.3.3 Fotografías Aéreas

En general, las superficies de los glaciares restituidos fueron previamente delimitados por la D.G.A. en transparencias sobre las fotografías aéreas verticales Hycon, las que fueron tomadas durante la temporada de enero y febrero de 1955-1956. Las características generales de las líneas de vuelo se han estimado en una altura de vuelo media de 10521 ± 93 m. y cámaras con distancia focal de $153,58 \pm 0.10$ mm.

A continuación se entrega el detalle de las fotografías aéreas utilizadas, de acuerdo con el siguiente orden: Rollo/Línea/Serie.

<u>Río Aconcagua</u>	<u>Río Maipo</u>	<u>Río Cachapoal</u>	<u>Río Tinguiririca</u>
12/18/1814-1831	12/18/1793-1815	12/18/1780-1789	26/16/4252-4261
25/17/4026-4047	25/17/4070-4047	25/17/4069-4083	147/17/24870-24880
26/16/4192-4214	26/16/4237-4213	147/17/24878-25881	12/18/1770-1780
26/16/4162-4163	26/15/4277-4301	26/16/4236-4255	7/19/1108-1116
26/15/4301-4321	27/14/4388-4362	27/14/4388-4402	
27/14/4344-4362	27/13/4409-4440	27/15/4262-4279	
27/13/4445-4452	148/12/24940-24965	27/13/4403-4413	
	148/11/24903-24931		

1.3.4 Restitución Aerofotogramétrica

Los trabajos de restitución aerofotogramétricos de los glaciares de las hoyas del río Tinguiririca y Aconcagua fueron contratados al Servicio Aerofotogramétrico SAF/FACH. El autor, se desempeñó como Inspector Fiscal de los trabajos mencionados.

El instrumental técnico utilizado fue un Stereocartógrafo "SANTONI" modelo IV, un Stereosimplex "SANTONI" modelo II C, un P.U.G. 4 "WILD" para la transferencia de puntos y un Coordinatógrafo "ARISTO".

La orientación absoluta de los estereomodelos fue apoyada mediante puntos seleccionados obtenidos desde los avances topográficos a escala 1:50.000, mencionados.

Dado que la lectura gráfica a partir de estos, permite una precisión de $0,2 \pm 0,05$ mm., se espera una precisión de ejecución de la restitución cercana a ± 10 m. tanto en planimetría como altimetría, error que desde el punto de vista del trabajo es mínimo con respecto a otros inventarios realizados con anterioridad.

1.4 TRABAJOS ANTERIORES

Sobre el área de Los Andes de Chile Central se han realizado variados estudios, muchos de los cuales han servido de base al presente informe. Específicamente en materia de Inventario de glaciares destacamos los estudios de Lliboutry, L. (1956); Marangunic, C. (1979); Caviedes, J. (1979) y Valdivia, P. (1984).

2.- INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES:

El archivo básico de los datos que constituyen el presente inventario considera los antecedentes de 1321 glaciares reconocidos en las hoyas de los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca, cuyas cabeceras se ubican en la Cordillera de los Andes y se distribuyen entre los paralelos 32° 15' y 35° 00' Lat. S.

La información que contiene es reproducible mediante listados de computador conforme con los requerimientos específicos del usuario. Un análisis general de la información permite establecer las siguientes generalidades:

2.1 SUPERFICIES GLACIARES:

Los glaciares de los Andes de Chile Central cubren un área de 902 Km², de los cuales el 16.8% se distribuye en la Hoya del Río Aconcagua, (con denotación 054 o 54); el 46.8% en la Hoya del Río Maipo (057 ó 57); el 24.6% en la Hoya del Río Cachapoal (0601 ó 61); el 11,8% en la Hoya del Río Tinguiririca (0602 ó 62).

A continuación se presenta el total del área englacada ordenada por tamaño, tal que R1 indica el número de glaciares reconocidos cuyo rango está entre 0.01-0.09 Km²; análogamente R2 → 0.10-0.99 Km²; R3 → 1.00-9.99 Km² y R4 → > 10.00 Km². La notación A (R2) debe leerse como el área que cubren todos los cuerpos de hielo comprendidos en el rango R2. Como nomenclatura adicional se incluye, Nt = número total de glaciares reconocidos por hoja.

Hoya	R1	A(R1) Km2	R2	A(R2)	R3	A(R3)	R4	A(R4)	Nt	$\Sigma A(R) 1-4$
54	55	3,76	177	61,50	35	85,99	-	-	267	151,25
57	235	11,90	331	93,87	73	204,82	8	117,31	647	421,90
61	11	s/d	104	s/d	27	s/d	4	-	146	222,42
62	187	5,07	55	19,86	18	51,85	1	29,73	261	106,46
									1321	902,03

A escala Regional, el análisis parcial de los datos permite establecer que de los 1321 glaciares reconocidos, el porcentaje alcanzado por rango de tamaño es para R1(36,9%); R2(50,5%); R3(11,6%) y R4(1,0%).

En términos reales netos los glaciares correspondientes a cada uno de los rangos definidos alcanzaron los siguientes porcentajes, R1(3,0%); R2(25,6%); R3(50,0%) y R4(21,4%).

A continuación, en forma de datos en bloque se entregan los valores del área englacada específica por hoya, porcentaje o relación superficie de hielo ÷ superficie de la hoya → p; la relación porcentual entre el área de hielo expuesta y cubiertos, → q; conjuntamente con la relación homóloga entre el área de ablación y acumulación, → r; finalmente se nomina el glaciar de mayor extensión con su respectiva superficie expresada en Km2; → s y la relación (área de ablación ÷ área de hielo expuesta) o porcentaje de ablación de los glaciares en cada cuenca, → t.

Hoya	(p)	(q)	(r)	(s)	(t)
054	6.5				
057	6.9	61	39	56	44 Juncal Sur/27.6
061	11.7	79	21		Cipreses/41.1
062	10.7	97	3	47	52 Universidad/29.7

Respecto de la distribución superficial del hielo y/o nieve se establecieron las siguientes clases (R), definidas:

Hoya	A(R1)	A(R2)	A(R3)	A(R4)
054				
057	1.08+0.75	9.32+6.94	29,26+21.07	39.10+27.30
061				
062	0.037+0.025	0.278+0.174	2.32+1.71	

2.2 ALTURAS GLACIARES:

En general la distribución espacial del hielo presenta los siguientes valores de alturas medias, $\rightarrow p_1$; y de acumulación y ablación, $\rightarrow r_1$; todos los valores se expresan en metros sobre el nivel del mar. Sea q_1 las alturas máximas y mínimas.

Hoya	(p_1)	(q_1)	(r_1)
054	3702	(3885+247)(3519+183)	
051	3739	(4203)(3730)	
061	3551	()(3214)	
062	3630	(4631+66)(2848+196)	(3877)3375

2.3 ORIENTACIONES GLACIARES:

El 58,3% de los glaciares reconocidos, muestran sus superficies orientadas hacia el sector SW-S-SE, siendo a su vez el sector SW > SE en un 6.9%. A continuación, en forma porcentual se muestra la orientación general por hoya de las áreas glaciares de acumulación y ablación. En el caso del Río Tinguiririca se establecieron sus rumbos medios.

		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
<u>Hoya</u>									
057	Acumulación	8.2	14.2	13.1	18.4	22.5	10.5	5.6	7.5
	Ablación	6.4	17.6	9.7	22.5	18.3	12.4	5.2	7.9
057	Acumulación	3.2	8.8	12.5	16.6	28.0	13.1	11.5	6.3
	Ablación	3.7	8.8	14.2	16.8	24.0	14.1	12.4	6.0
061	Acumulación	10.3	4.8	6.8	10.3	37.7	12.3	8.9	8.9
	Ablación	11.6	4.1	9.6	11.0	34.3	11.6	8.2	9.6
062	Acumulación	3.1	15.3	7.7	34.9	13.0	18.8	0.8	6.5
	Ablación	2.3	15.7	7.3	35.3	13.0	17.6	1.6	7.3
	Or.	N5+3	N48+12	N90+3	N128+16	N179+1	N141+17	N94+3	N39+23
Orientación									
General (%)									
		6.1	11.1	10.1	20.7	23.8	13.8	6.8	7.5

2.4 TIPOS GLACIARES:

Los tipos de glaciares más relevantes a escala regional, desde el punto de vista numérico, corresponden a masas de hielo cubiertos y representan el 34.0%, siendo el segundo término más representativo, los glaciaretos con el 30,6%. En este mismo sentido los glaciares de valle y de montaña que contienen la mayor masa representan el 6.2% y el 29,2% respectivamente.

A continuación se muestran los resultados derivados de la clasificación y número de (tipos) de glaciares por hoya.

TIPOS HOYA	DE VALLE		DE MONTAÑA		GLACIARETE		CUBIERTO	
	N°	(%)	N°	%	N°	(%)	N°	(%)
054								
057	27	4.2	129	19.9	165	25.5	326	50.4
061	7	5.0	70	48.0	44	30.0	25	17.0
062	31	11.9	109	41.7	113	43.3	8	3.1
Σ Total	65	6.2	308	29.2	322	30.6	359	34.0

2.5 FORMAS GLACIARES:

Aun cuando los datos analizados corresponden a las hoyas de los ríos Maipo y Tinguiririca, se establece que las formas glaciares dominantes corresponden a formas de falda que representan el 26,9%; las formas de nicho y circo resultan las formas mayoritarias con un 26,4% y 26,1%, respectivamente.

A continuación se indica la clasificación de formas glaciares por hoya.

Hoya	Cuencas Compuestas		Cuenca Compuesta		Cuenca Simple		Circo		Nicho		Crater		Falda*	
	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)
054														
057	12	1.9	53	8.2	39	6.0	200	30.9	201	31.1	1	0.1	141	21.8
061														
062	16	6.1	12	4.6	47	18.0	37	14.2	38	14.6	8	3.1	103	39.4
Σ Total	28	3.0	65	7.2	86	9.5	237	26.1	239	26.4	9	0.9	244	26.9

(*) Incluye formas de planchón, grupo y áreas de hielo remanente.

2.6 EVENTOS GLACIARES:

Las trazas glaciares por devenir de procesos de acumulación y fusión del hielo son frágiles y efímeros por cuanto se encuentran directamente expuestos a las causas exteriores de intemperismo, resultando en consecuencia difícil de predecir a partir de un volumen de material morrénico, cuyas arquitecturas se sitúan en el campo de lo aparente y/o cualitativo, el volumen del hielo original.

La zona central, entre los paralelos 32° al 35°, se presenta caracterizada por registros evidentes de erosión y depósitos glaciales. Estos depósitos morrénicos proyectados de manera Paleoglaciológica, exceden en veces los volúmenes de los cauces fluviales, desbordando el hielo, con frecuencia las divisorias de agua actuales, generando un plano continuo con pendientes cercanas al 3%. Este antecedente es deducible de manera pictográfica de las imágenes LANDSAT, tomadas en la hoya de

los ríos Cachapoal y Tinguiririca. Aun cuando el retroceso de los glaciares en la actualidad es lento, las glaciaciones debieron ser catastróficas. Por analogía la acumulación del hielo a nivel territorial fue una inundación "sólida" con sus derivadas ondas de choque.

En estricto, aun cuando el número de eventos glaciológicos permanece aún en la obscuridad, las observaciones de terreno realizadas en el área permiten afirmar que existieron períodos rítmicos de actividad volcánica que provocaron como reacción la fusión del manto de hielo. Apoyado en evidencias estratigráficas se pueden determinar un mínimo de cuatro planos o niveles base de coladas volcánicas y cada uno de ellos es puesto en evidencia ya sea en :

- a) La estructura columnar de las lavas andesíticas-basálticas.
- b) Discordancia por depositación en planos de erosión, provocados por el escurrimiento de material fluidal en depresiones o paleocanales, sobre cuyo fondo se encuentran depósitos de material generado por actividad fluvio-glacial.
- c) Flujos volcánicos sometidos a cambios súbitos de las condiciones termodinámicas, como la variación de la temperatura, cuyo gradiente fue probablemente alterado por las aguas de deshielo producto de la emisión de masa, y cuya traza visible se refleja en filetes de lava ascendentes que quedaron estáticos, siendo posible observar inequívocamente el sentido direccional del desplazamiento de la masa fluidal.

En lo que concierne a la última edad glacial reconocida en nuestro territorio y cuyos avances han sido restringidas a las zonas de la alta cordillera, es posible correlacionarla con la época Wisconsin-Würn que afectó al Hemisferio Norte de nuestro planeta, hace 50.000 años atrás.

2.7 LINEA DE NIEVE (DE EQUILIBRIO)

Si la línea de nieve indica la posición inferior del manto de hielo o nieve a medida que avanza el proceso de ablación (fase transiente) hasta culminar con la posición más alta al término de la estación de verano donde se la define entonces como línea de neviza o firnline, es el caso considerar que existen subhoyas en las cuales el promedio de las cotas mínimas de superficie de hielo expuestas es superior a la cota promedio de la línea de nieve o bien su inversa, en la cual el promedio se encuentra por debajo de ella, es que se buscó una altura a la cual se le asignó la definición de línea de nieve. De esta manera se la conoce de modo indirecto al asimilarla por aproximación a la línea de equilibrio la cual es determinada por los rasgos morfológicos que distinguen diferencias entre las zonas de ablación y acumulación cuyo borde separa flujos extensivos y compresivos.

Aun cuando ambos métodos aplicados a unidades de año entregan resultados diferentes es probable que sus promedios debieron llegar a resultados similares en varios años. Ahora si se considera que en el proceso de las variaciones oscilatorias de los glaciares intervienen la ubicación, orientación, pendiente, forma de alimentación y cobertura entre otras; variables que fueron analizados independientemente para las hoyas de los ríos Maipo, Cachapoal y Tinguiririca, es posible reconocer algunas apreciaciones generales como:

Los promedios de las líneas de equilibrio son diferentes en cada área específica, por lo tanto es conveniente la subdivisión de las áreas al mínimo. De esta misma manera resulta adecuado una división directa de los rumbos glaciares.

Las líneas de equilibrio están significativamente más bajas en glaciares con exposición al sur, observandose aumento en altura desde el W al E.

Según un líneal N.S. las líneas de equilibrio son más altas o uniformes hacia el Norte que hacia el Sur. Este aparente sentido tiene una lógica adicional por cuanto existe hacia el Norte un levantamiento de la masa continental (fenómeno tectónico), cuyo efecto produjo un mayor encauzamiento de los glaciares.

Es probable, que del análisis numérico detallado se obtengan resultados más concretos, pero aún así tendrán validez alguno de los siguientes convencionalismos:

- a) Los glaciares con variaciones locales positivas se caracterizan por presentar exposiciones en los cuadrantes SW-S-SE,

La presencia de glaciaretos o manchas de nieve en rocas altas y la posición de la línea de equilibrio en consecuencia con la topografía superficial del glaciar.

- b) Los glaciares con variaciones locales negativas se caracterizan por presentar exposiciones en los cuadrantes NW-N-NE,

La presencia de pequeños glaciares a bajas alturas al pie de rocas con alimentación por avalancha y posición de la línea de equilibrio en dirección de la pared de la roca de caja, generalmente ubicados al lado de la sombra proyectada por rocas altas en canalones estructurales.

A continuación se entrega el promedio de cotas de líneas de nieve que incluyen la línea de equilibrio de los glaciares cubiertos:

Hoja	Rango de variación	
054		
057	3792	3503 - 4081
061	3551	3396 - 3706
062	3739	3609 - 3870

2.8 VOLUMEN DE HIELO Y EQUIVALENTE EN AGUA:

Según Marangunic, C. (Op.Cit), la mayor incógnita en la estimación de volúmenes, lo constituye la apreciación respecto de la proporción de hielo y roca que contienen los glaciares de rocas. A falta total de antecedentes se ha decidido estimar que sólo el 50% del volumen de los glaciares de roca está constituido por hielo.

Los datos relativos al espesor de glaciares, aun cuando ellos no fueron determinados in situ, tienen su fundamento en apreciaciones empíricas derivadas de investigaciones que correlacionan el área del glaciar con el espesor o potencia del manto de hielo. Las estimaciones del espesor según la magnitud areal de los glaciares fue estimado según el siguiente criterio:

Area (Km2)	Espesor medio
0 - 0,10	5
0,11 - 0,50	20
0,51 - 1,00	40
1,01 - 2,00	65
2,01 - 5,00	90
5,01 - 10,00	120
10,01 - 20,00	155
20,01	200

En la esperanza que la falta de evaluación particular se ajuste un poco a la realidad, a continuación se estiman los volúmenes totales de las reservas de aguas congeladas almacenadas entre las latitudes 32° y 35° Sur, en los Andes de Chile Central. Para el cálculo del equivalente en agua se consideró la densidad media del hielo en 0.8 gr. cm^{-1} . En general, el error por volumen se estima no superior al 10%.

Hoya	Volumen de hielo Km ³	Equivalente en agua (Km ³)
054	7,08	5,66
057	38,30	30,64
061	22,83	18,26
062	11,28	9,02
	79,5	63,6

2.9 RECOMENDACIONES:

Una idea que tiende a aprovechar y mejorar la comunicación con la hidronaturaleza es pensar que en glaciología histórica el determinismo sólo tiene sentido dentro de un experimento controlado de tamaño razonable y cualquiera que sea la inversión en el campo de la investigación relativa al agua es ganancia en vida.

Consecuente con lo anterior, la Oficina de Glaciología solicita apoyo y recursos para desarrollar la Red de Observación Básica de Glaciares con control topográfico

Aplicación en materias de cartografía computacional glaciológica, tal que nos permita colocar a la cordillera de Los Andes bajo coordenadas numéricas reproducibles mediante holografías ópticas.

Restitución de glaciares seleccionados de la Red Básica, de acuerdo a vuelos actuales, tomadas en la temporada febrero-marzo y comparar las variaciones de las masas de hielo.

Incentivar la creación del campo de estudios geotermales

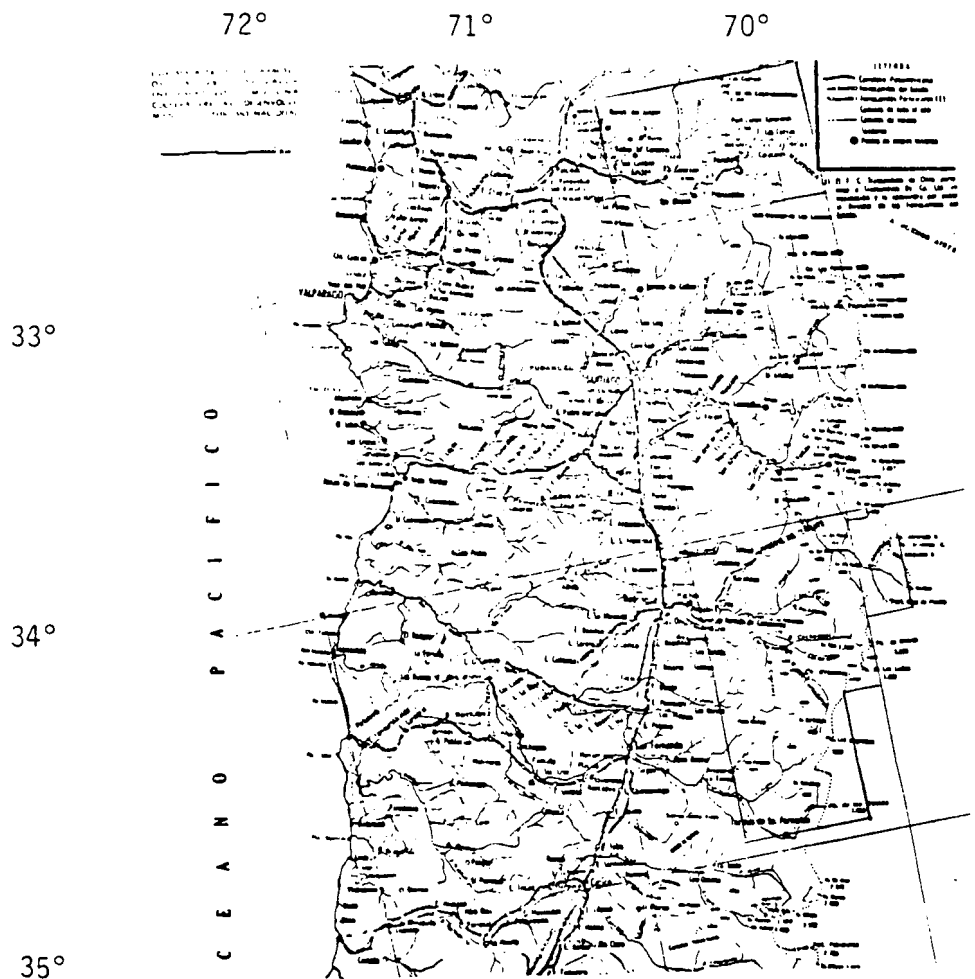
como apoyo a los estudios glaciológicos y como norma general que los estudios del área ingenieril consideren las bondades de los estudios interdisciplinarios, en particular aquellos relacionados con la Geología.

BIBLIOGRAFIA:

- BENITEZ, A. 1980 Clasificación de cuencas hidrográficas de Chile. Dirección General de Aguas. M.O.P. Santiago.
- CAVIEDES, J. 1979 Inventario de glaciares en la Hoya del Río Cachapoal y predicción de la escorrentía del deshielo. Andes Centrales: Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología, Santiago, Chile.
- CORTE, A. y ESPIZUA, L. 1981 Inventario de Glaciares de la Cuenca del Río Mendoza. Instituto Argentino de Nivología y Glaciología (Ianigla), Mendoza. Rp. Argentina.
- LLIBOUTRY, L. 1956 Nieves y Glaciares de Chile. Fundamentos de Glaciología. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago de Chile, 1956.
- MARANGUNIC, C. 1979 Inventario de Glaciares. Hoya del Río Maipo. DGA/MOP. Chile.
- MULLER, F.; CAFLISCH, T. y MULLER, G., 1979 Firn und eis der Schweizer Alpen. Gletcher Inventar. Swiss Federal Institute of Technology. Publ. Nr.57 Zurich.

- MULLER, F. 1977 Fluctuations of glacier 1970-1975 (vol III) P SFG/IVGG-FAGS/ICSU. Department. of. Geography. Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich Unesco: ISBM 92-3-101462-5.
- PEDRAZA, A. y RAUH, R. 1984 Análisis y Evaluación de Terreno. Universidad de Santiago. Facultad de Ingeniería. Departamento de Geomensura Santiago Chile.
- VALDIVIA, P. 1984 Inventario de Glaciares. Hoya del Río Tinguiririca VI Región Departamento de Hidrología Dirección General de Aguas, Septiembre 1984.
- VALDIVIA, P. 1984 Inventario de Glaciares Hoya del Río Aconcagua. V Región. Departamento de Hidrología. Dirección General de Aguas. Noviembre-1984.

FIGURA 1
Ubicación del Area



INVENTARIO DE GLACIARES. DGA/MOP
HOYA DEL RIO ACONCAGUA.
Valdivia, P. 1984.

054 L

Río Futaendo bajo
Río Hidalgo

Río Colorado
054 E 32°30'

054 N

E. Quilpué

054 F
E. Riecillos

054 B 32°45'

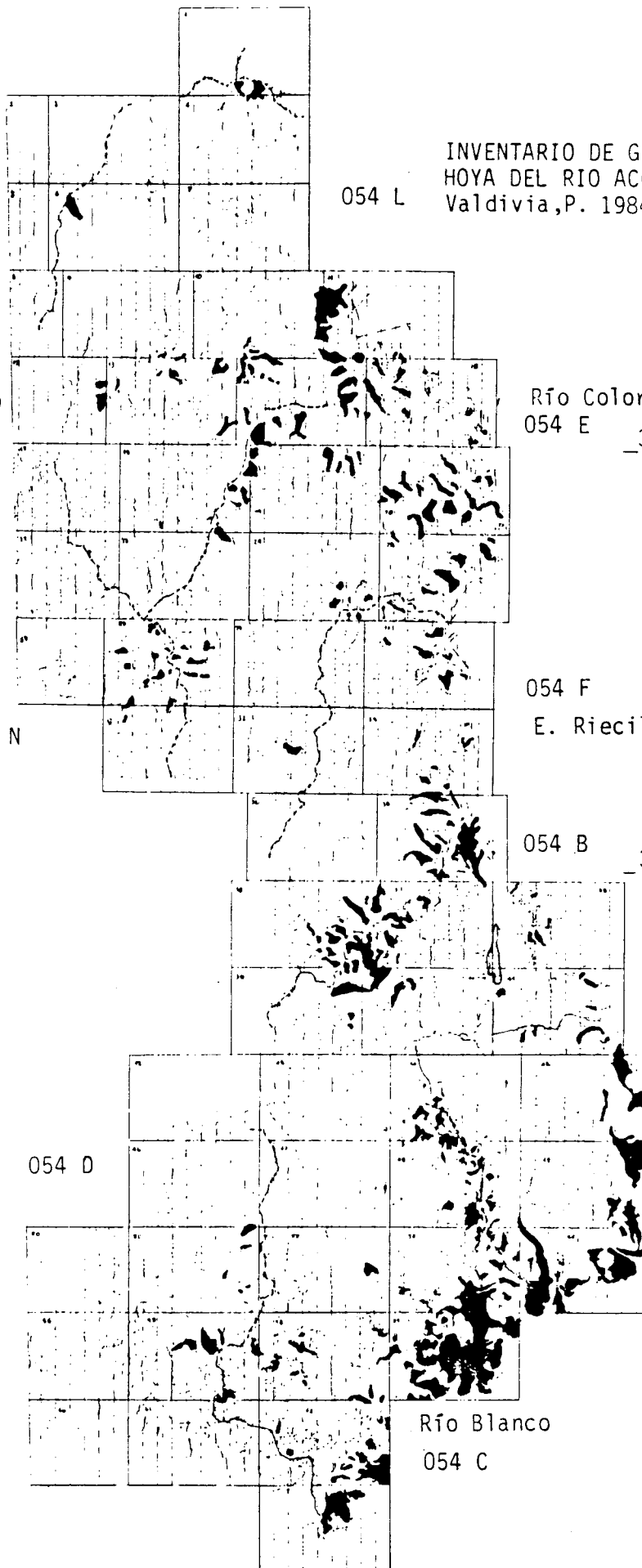
Laguna del Inca
(Río Negro)

054 A
Río Juncal

054 D

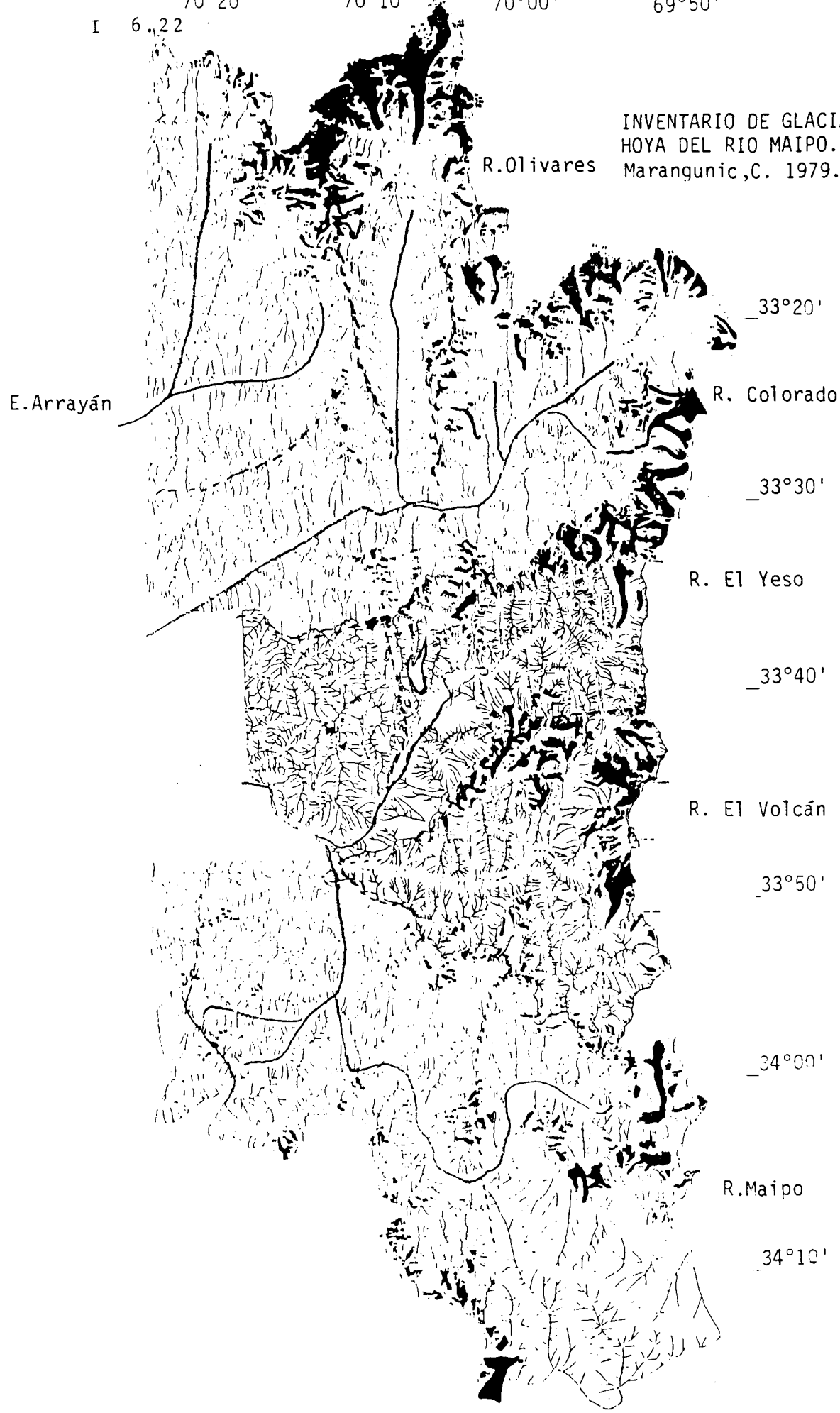
33°00'

Río Blanco
054 C



I 6.22 70°20' 70°10' 70°00' 69°50'

INVENTARIO DE GLACIARES. DGA/MOP.
HOYA DEL RIO MAIPO.
Marangunic, C. 1979.



70°30'

70 15

70 00

I 6.23

34°02'

Río Blanco

INVENTARIO DE GLACIARES. DGA.
HOYA DEL RIO CACHAPOAL
Caviedes, J. 1979

34°15'

Río Cipreses

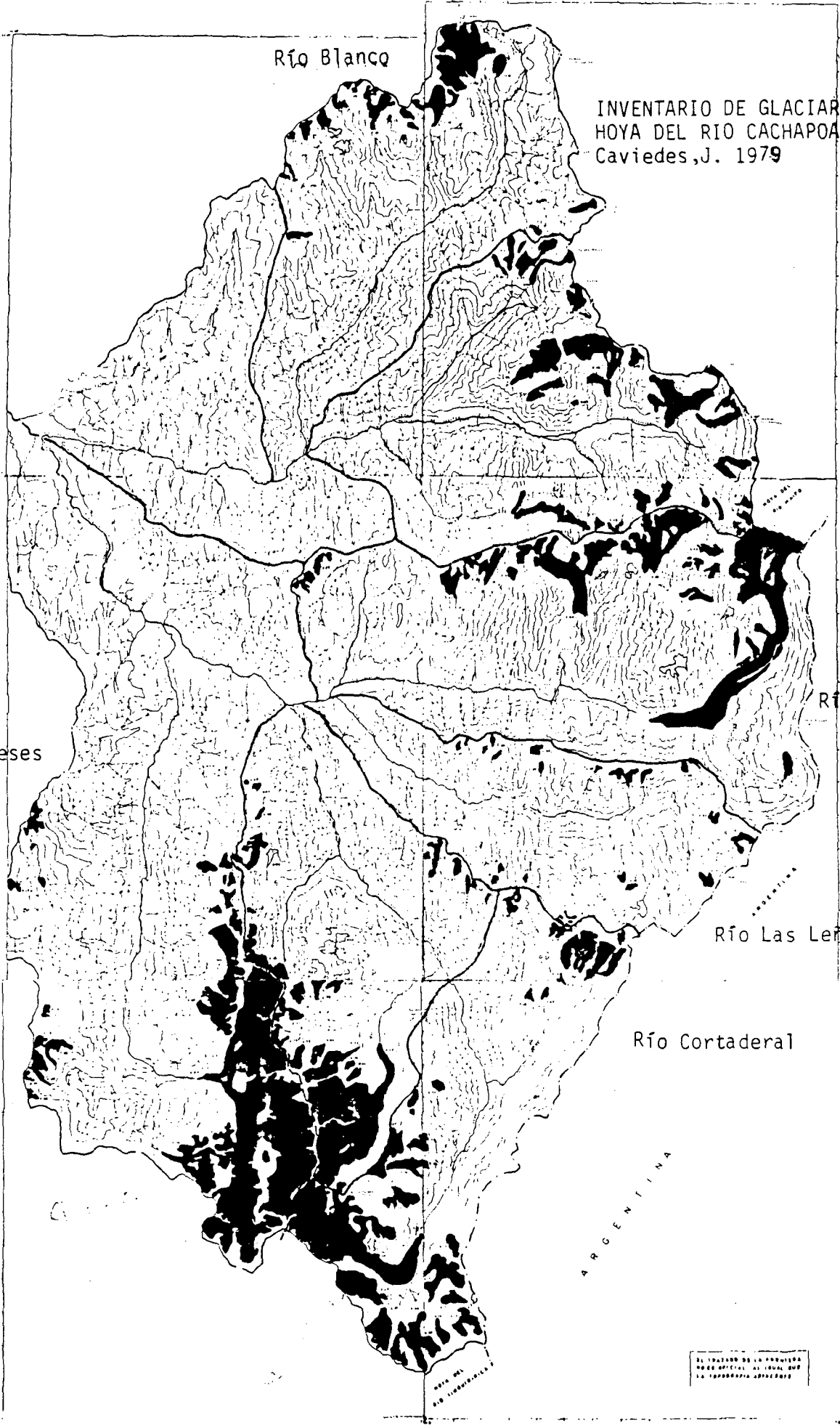
Río Cachapoa

34°30'

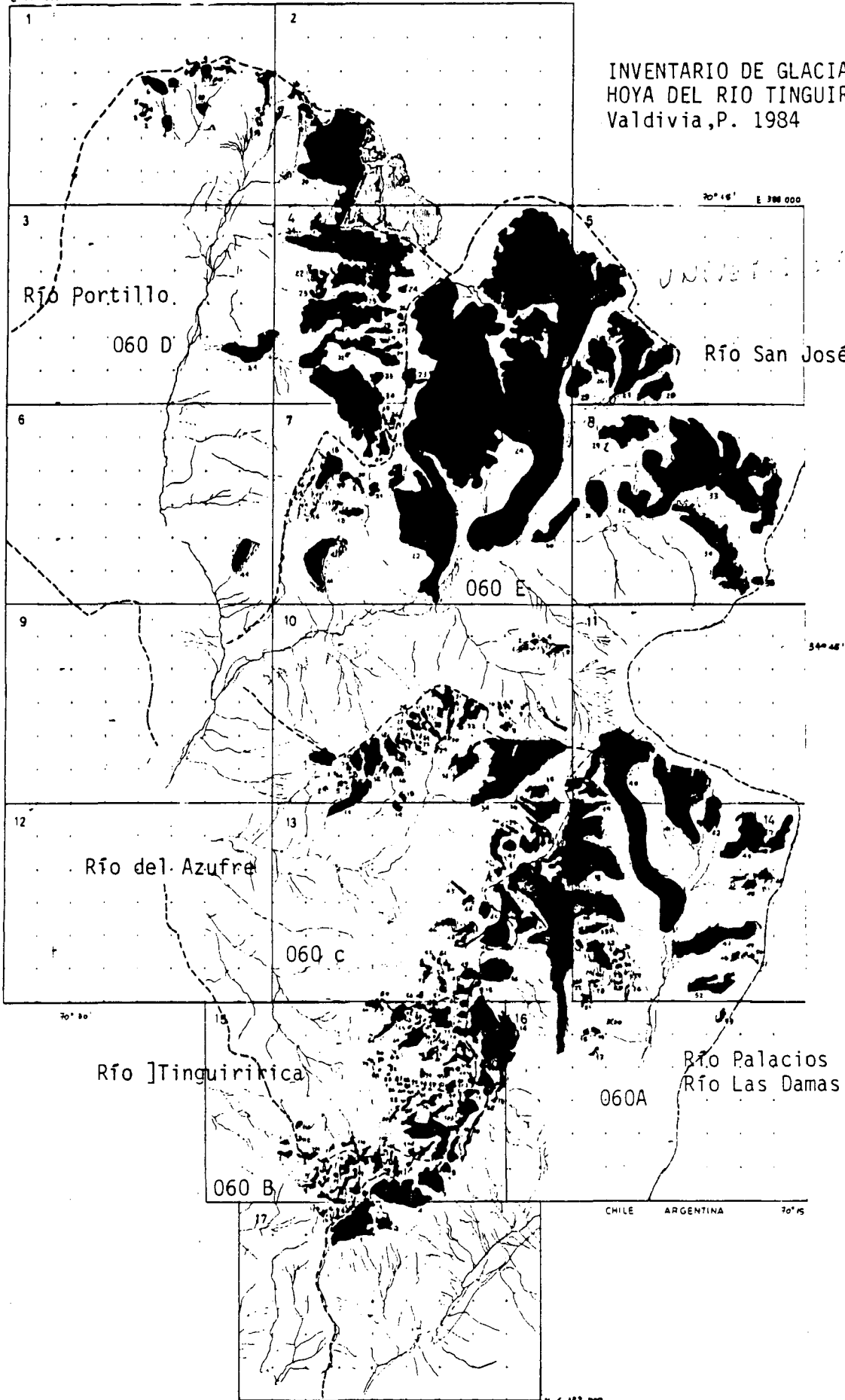
Río Las Leñas

Río Cortaderal

34°43'



INVENTARIO DE GLACIARES. DGA/MOP.
HOYA DEL RIO TINGUIRIRICA.
Valdivia, P. 1984



Río Portillo
060 D

Río San José

060 E

Río del Azufre

060 c

Río Tinguiririca

Río Palacios
Río Las Damas

060A

060 B

CHILE ARGENTINA 70° 15'