

ENRIQUE D. BRUNIARD

ASPECTOS GEOGRAFICOS DE LAS PRECIPITACIONES NIVALES EN LA REPUBLICA ARGENTINA

En el año 1938 el Ing. Héctor Ceppi hacía la siguiente observación: "muy poco se conoce todavía sobre el régimen nivométrico del país"¹; en 1952, Péguy, llevando el problema a escala planetaria, coincidía con esa afirmación al señalar que "la geografía de la nieve todavía está por hacerse"². Este retraso en el estudio de los fenómenos nivales, al parecer no exclusivo de nuestro país, no se debe a que se le haya restado importancia desde el punto de vista climático o geográfico, sobre todo si tenemos en cuenta sus posibles efectos sobre la economía, sobre el habitat, sobre el paisaje en sentido amplio y, especialmente en el caso de nuestro país, sobre la hidrografía, en cuanto la mayor parte de las cuencas argentinas —excepto el sistema del Plata— tienen su alimentación conectada directa o indirectamente con la precipitación nival. El retraso radica más que nada en la dificultad que presenta la observación cuantitativa de este fenómeno, tanto por las propias características de la precipitación nival en sí misma como por las dificultades de acceso y escaso grado de poblamiento de las áreas en que se producen.

En las últimas décadas, varias observaciones y estudios de nivel local y provincial, y también sobre determinadas cuencas, han perfeccionado los conocimientos relativos a este fenómeno climático, pero a escala del país y desde el enfoque geográfico es poco lo que se ha agregado a los estudios iniciales. Basta señalar que el mapa de frecuencia de nevadas, incluido en el trabajo de Ceppi *Los estudios de nieve en la Cordillera y la Patagonia*, publicado en 1938, ha servido de base o ha sido reproducido sin variantes en varios trabajos hasta fechas muy recientes. Entre ellos pueden mencionarse los estudios del clima del país incluidos en la *Geografía de la República Argentina*, editada por GAEA en 1946³; el capítulo dedicado al clima en la obra *La Argenti-*

1 CEPPI, H., *Los estudios de nieve en la Cordillera y la Patagonia*, en "Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos", T. VI, Buenos Aires, GAEA, 1938, p. 290.

2 PEGUY, Ch. P., *La neige*, Paris, Presses Universitaires de France, 1952, p. 8.

3 Cf. KNOCHE, W. y BORZACOV, V., *Clima de la República Argentina*, en *Geografía de la República Argentina*, T. V, Buenos Aires, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 1946, p. 434.

na. *Suma de Geografía*, publicada en 1958⁴; más recientemente ha sido mencionado en la obra "*Climatología y Fenología Agrícolas*", de 1973⁵; y nuevamente reproducido en el *Atlástotal de la República Argentina* de 1982⁶.

La última edición de las *Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional*, correspondientes a la década 1961-1970, aparecida en 1981⁷, contiene datos mensuales de frecuencia de nevadas de más de 150 estaciones meteorológicas del país. Esta sola información, quizás la más simple de las indicaciones numéricas relativas al fenómeno nival, brinda la posibilidad de actualizar el problema, sobre todo lo relativo al conocimiento de su distribución geográfica, objetivo al que apuntamos en este artículo.

I. La distribución geográfica

En la Fig. 1 A hemos representado, sobre la base de los datos de la década 1961-1970, la frecuencia o número medio de días con nevadas en la porción continental de la República Argentina; a título comparativo incluimos en la misma figura el mencionado mapa de Ceppi del año 1938 (Fig. 1 B).

Un análisis sumario de este campo de frecuencias permite distinguir tres grandes áreas diferenciadas que denominaremos: dominio nival ordinario, dominio nival marginal y dominio carente de nevadas.

1. *El dominio nival ordinario* cubre el área donde las precipitaciones nivales constituyen un fenómeno anual, es decir, donde todos los años —en promedio— registran una o más nevadas. La isólinea de frecuencia de valor uno, que lo delimita por el oriente, se extiende desde la costa patagónica, aproximadamente a los 44° S, hacia el noroeste del país. Su trazado, en este último sector, es menos seguro y plantea algunos problemas dada la menor densidad de la información y las variaciones locales que, seguramente, introduce el relieve más enérgico de la Puna y del ambiente montañoso próximo.

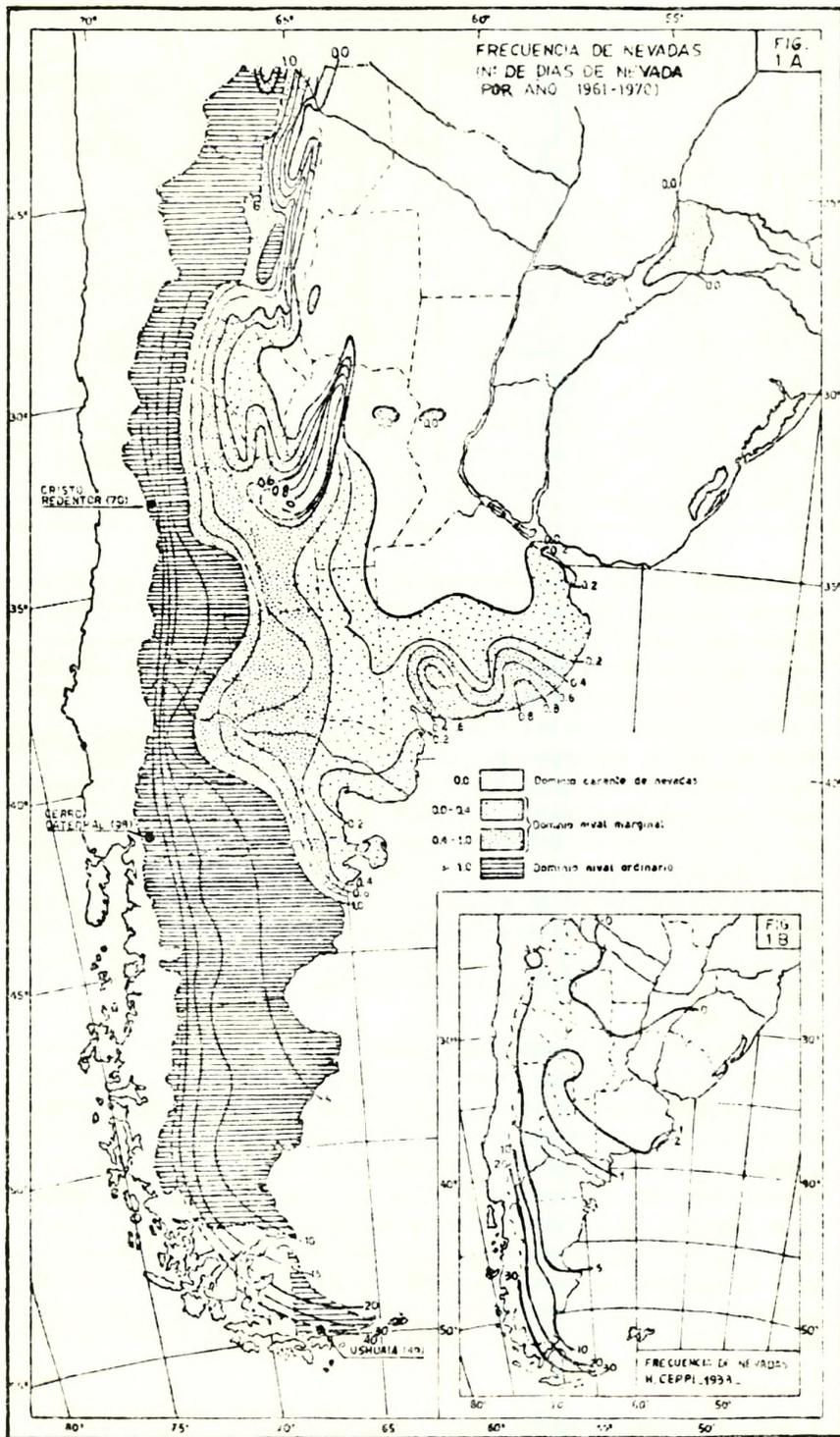
Dentro de este gran marco se pueden distinguir tres ambientes diferenciados. En primer lugar, un *subdominio nival andino* que abarca la Cordillera y la Precordillera, desde los 27° S, aproximadamente, hasta el extremo meridional del país. Su límite oriental está definido por el intenso gradiente de incremento de la frecuencia de nevadas,

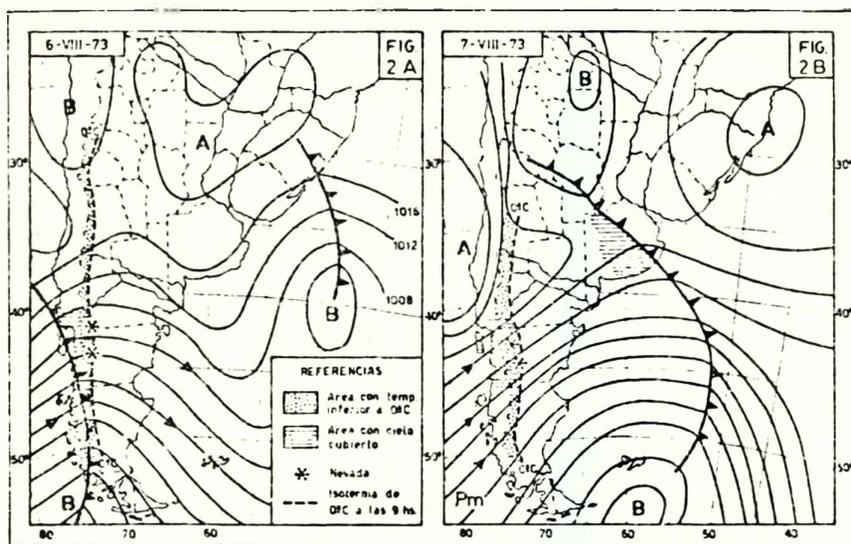
⁴ Cf. CHIOZZA, E. y GONZALEZ VAN DOMSELAAR, Z., *Clima*, en *La Argentina. Suma de Geografía*, T. II, Buenos Aires, Peuser, 1958, Cap. I.

⁵ Cf. DE FINA, A. y RAVELO, A., *Climatología y Fenología agrícolas*, Buenos Aires, Eudeba, 1973, p. 177.

⁶ Cf. *ATLASTOTAL de la República Argentina*, Vol. II, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina, 1982, p. 269.

⁷ SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, *Estadística climatológica 1961-1970*, Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, 1981, Serie B, N° 35.





coincidente con el marcado gradiente topográfico. El factor altitud —como lo señala Péguy— tiene el triple efecto de aumentar las precipitaciones, incrementar la parte que cae bajo la forma de nieve y acrecentar su volumen al disminuir la densidad; y agrega: “una geografía de las precipitaciones nivales anuales se reduce a rendir cuenta de una verdadera dictadura de la altitud”⁸. El límite norte, que hemos fijado hacia los 27° S, corresponde a la más baja latitud alcanzada por el área lluviosa dependiente del Pacífico, caracterizada por máximos invernales típicos de los climas subtropicales y templados de costa occidental, que proyectan su influencia hacia la vertiente oriental de los Andes. Este es el ambiente nival por excelencia, donde el efecto del relieve sobre el incremento de la frecuencia de nevadas posibilita alcanzar valores máximos de 70 días por año en Cristo Redentor (3.832 metros s.n.m., 32° 58' S y 70° 05' W); y de 98 días en cerro Catedral (1.955 metros s.n.m., 41° 55' S y 71° 37' W), según las estadísticas de esta década.

El segundo ambiente corresponde al *subdominio nival de mesetas y planicies*. Es el más extenso y cubre las altas mesetas patagónicas y aquellas planicies que, por su latitud, registran nevadas anuales ordinarias. En su parte más desarrollada corresponde a lo que en el hemisferio norte se ha denominado “dominio nival continental”. Este subdominio, que se prolonga hacia el norte como una cuña a través de la Payunia del sur mendocino y del piedemonte andino y precordillerano, participa del mismo régimen hídrico del subdominio andino, pero lógicamente con una frecuencia más reducida, dada su menor altura y su posición de sotavento respecto de las influencias del Pacífico.

⁸ PEGUY, Ch. P., *op. cit.*, pp. 47-48.

El tercer ambiente es el *subdominio de la Puna y de las Sierras Subandinas y Pampeanas*. Estas últimas, especialmente los Nevados de Famatina y del Aconquija, se presentan como verdaderas "islas meteorológico-climáticas", como las llamó Rohmeder⁹; y algo semejante puede decirse de las Sierras de Córdoba y de San Luis, en cuanto se encuentran separadas del conjunto. Dentro de este ámbito, climáticamente dominado por la depresión térmica del noroeste, el régimen pluviométrico es netamente estival, pero las nevadas parecen reducirse sólo a los meses invernales, obedeciendo más al régimen térmico y al efecto de la altura.

2. El *dominio nival marginal* es aquel donde las nevadas adquieren carácter ocasional, es decir, pueden producirse en algunos años, o en determinados inviernos. La frecuencia oscila entre cero y un día por año, y su mayor extensión cubre el área de planicies y sierras bajas contiguas al dominio nival ordinario: los Llanos de La Rioja, la Travesía puntana, la provincia de La Pampa, las planicies atlánticas de Río Negro y el sur de la provincia de Buenos Aires. Dentro de este dominio se destacan, también como islas con frecuencias más altas, las sierras del sur de Buenos Aires, algunas unidades más bajas de las Sierras Pampeanas, o aquellas situadas a sotavento, y las serranías de Misiones. En esta última provincia se han registrado nevadas en las localidades de Puerto Iguazú y de Oberá, en la década 1961-1970, en niveles que oscilan entre 180 y 350 metros, respectivamente; y se tienen noticias de las producidas en Cerro Azul, localidad situada entre esos niveles.

Este dominio marginal debe considerarse como el resultado de expansiones esporádicas del dominio ordinario, durante algunos inviernos muy fríos. Hacia el borde externo, es decir, a medida que nos acercamos al mismo límite ecuatorial de las nevadas, representado por la isolínea de valor cero, este fenómeno adquiere carácter excepcional; así por ejemplo en Buenos Aires sólo cada 20 a 30 años puede registrarse una nevada muy débil. Daus y García Gache observan que en Buenos Aires "se recuerdan las nevadas de los años 1717, 1754, 1859, 1873, 1918, etc."¹⁰ Otros autores mencionan "la famosa nevada del año 1918, en Buenos Aires"¹¹.

3. El *dominio carente de nevadas* corresponde a las planicies del norte argentino. En este ambiente, donde la nevada es un fenómeno desconocido, la serie estadística 1961-70 presenta dos islas, una en Miramar (a 80 metros s.n.m., 30° 53' S y 62° 40' W) y otra en Rafaela (a 100 metros s.n.m., 31° 11' S y 61° 33' W), que registraron una sola nevada en toda la década, pero con diferentes procesos meteorológicos.

⁹ Cf. ROHMEDEER, G., *Observaciones meteorológicas en la región encubrada de los Nevados del Aconquija*, en *Tres contribuciones a la Climatogeografía de Tucumán*, San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, 1947, Monografía N° 9, p. 29.

¹⁰ DAUS, F. A. y GARCÍA GACHE, R., *Geografía Física de la Argentina*, Buenos Aires, Estrada, 1945, p. 188.

¹¹ CHIOZZA, E. y GONZALEZ VAN DOMSELAAR, Z., *op. cit.*, p. 76.

cos. La presencia de estas islas debe atribuirse a fenómenos excepcionales de carácter local. Cabe señalar que en el mapa de Ceppi (Fig. 1 B) la isolinéa de valor cero se sitúa algo más al norte que la resultante de los datos de la década 61-70, coincidiendo aproximadamente con el paralelo 30^o o bien con el límite meridional de la región chaqueña. De manera que, con series estadísticas anteriores o posteriores, o con períodos de observación más largos, y dado el carácter excepcional de este fenómeno, el límite ecuatorial de las nevadas seguramente avanzaría algo más al norte, ampliando el dominio marginal en detrimento de éste. Se tienen noticias, por ejemplo, de las nevadas registradas en Rosario en el invierno de 1973¹².

Los grandes lineamientos del campo de frecuencia de nevadas que presenta nuestro país obedecen a una conjunción particular de factores meteorológicos y geográficos, cuyo tratamiento, en ese orden, nos informará seguramente sobre algunos aspectos que hemos omitido en esta descripción preliminar.

II. Los factores meteorológicos y el origen de las nevadas (*tipos de tiempo que producen precipitación nival*).

Sin intentar una caracterización completa de los numerosos tipos de tiempo que pueden producir nevadas, seleccionaremos aquellos casos típicos que cubren el fenómeno en los dominios nivales que hemos reconocido.

1. Vientos occidentales y nevadas por efecto orográfico en la Cordillera.

Una situación meteorológica bastante frecuente en los Andes Patagónicos consiste en el ingreso de aire polar pacífico, desde el suroeste, que rota en torno a profundas depresiones que evolucionan en el extremo meridional del continente. Los ejemplos que ilustran las cartas sinópticas de superficie, de las 9 horas (Fig. 2 A y B), correspondientes a los días 6 y 7 de agosto de 1973, permiten advertir —en el primer caso— el ingreso de un frente frío desde el Pacífico, con una disposición submeridiana sobre la misma Cordillera, que origina nevadas en las cumbres y también en las laderas de sotavento (se registran en las localidades de Bariloche y Esquel). Se trata de precipitaciones nivales de frente frío y también prefrontales, generadas por el ascenso orográfico que los Andes imponen a los vientos occidentales.

Al día siguiente (Fig. 2 B), cuando el frente frío ya se ha desplazado hacia la provincia de Buenos Aires con su correspondiente cuerpo nuboso, el flujo polar pacífico continúa produciendo nevadas en la Cordillera y también en las laderas orientales, advirtiéndose más clara-

¹² Comunicación personal.

mente en este caso el origen orográfico. El enfriamiento producido por la invasión polar no es muy notable en estas situaciones y el área de temperaturas mínimas inferiores a 0° C se desarrolla sobre determinados niveles del flanco cordillerano, de manera que las nevadas se limitan a este ámbito.

La constancia de los vientos occidentales, tal como lo ilustra el gradiente bórico Valparaíso-Punta Arenas, constituye un índice de la alta recurrencia de procesos semejantes al descrito que explican la mayor manifestación de los procesos nivales en el subdominio andino, incluso en los meses estivales en aquellos niveles más elevados.

Localidad	Latitud	Presión Atmosférica (mb.n.m) ¹³		
		Enero	Julio	Año
Valparaíso	33° 01' S	1014,0	1017,7	1016,0
Punta Arenas	53° 10' S	1000,9	1003,2	1002,9
Dif.		13,1	14,5	13,1

La traslación hacia el norte, en época invernal, lleva esta influencia del sistema templado de circulación hasta latitudes más bajas. Peña Álvarez, en su *Clasificación Genética de los Climas Chilenos*, menciona el paralelo de 27° como límite norte de las influencias ciclónicas¹⁴.

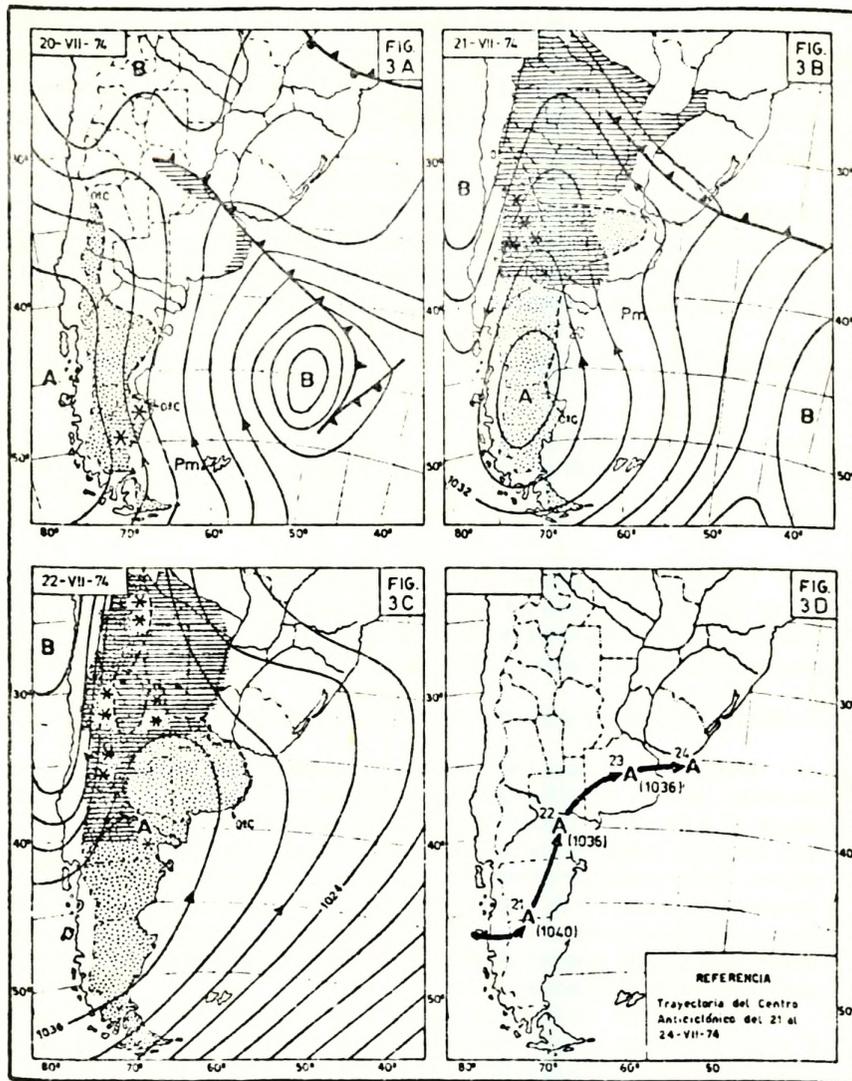
2. Nevadas en tierras altas por invasión polar atenuada.

Durante los meses invernales son frecuentes las invasiones de aire polar, que se manifiestan por anticiclones móviles, que penetran desde el suroeste y siguen trayectorias submeridianas, coincidentes con un bajo índice de circulación zonal y ondas de altura de gran amplitud. Estos empujes producen marcados enfriamientos y precipitaciones nivales que, en la zona montañosa, pueden alcanzar hasta el extremo norte del país; aunque es necesario destacar que se trata de nevadas débiles por cuanto la misma situación anticiclónica no resulta propicia a la precipitación.

La secuencia de los días 20, 21 y 22 de julio de 1974 (Fig. 3 A, B y C), ilustra un proceso de invasión polar atenuada. En la Fig. 3 A, correspondiente al 20 de julio, la situación sinóptica de las 9 horas presenta una depresión en proceso de llenado situada sobre el Atlántico, hacia los 45° S aproximadamente. Se trata del último miembro de la familia ciclónica que preanuncia el inicio de la descarga polar, manifestada por un anticiclón sobre la costa chilena con valores de 1032 milibares. En el sur de la Patagonia el aire polar marítimo de origen austral ha reducido la temperatura a valores inferiores a 0° C. La zona nubosa ocupa el oriente de Santa Cruz y se registran nevadas en San Julián y Puerto Deseado.

¹³ *World Weather Records, Datos de la década 1951-1960*, Vol. 3, Washington, Department of Commerce, 1966.

¹⁴ PEÑA ALVAREZ, O., *Un ensayo de clasificación genética de los climas chilenos*, Québec, Université du Québec a Chicoutimi, 1980.



La circulación en altura correspondiente al mismo día (topografía absoluta de la superficie de 500 milibares) muestra la existencia de una vaguada centrada sobre el meridiano 60° W, aproximadamente, en cuya rama posterior las fuertes corrientes del suroeste favorecen la conducción anticiclónica.

En la Fig. 3 B, correspondiente al 21 de julio, el anticiclón móvil —ya desgajado de la célula matriz del Pacífico— se encuentra sobre la Patagonia, con valores de 1040 milibares en su parte central. El aire frío ha producido temperaturas inferiores a 0° C en las provincias de Cuyo, La Pampa y Buenos Aires. La zona nubosa que acompaña al

frente frío cubre todo el norte del país y se registran nevadas en las localidades de Mendoza, San Rafael, Colonia Alvear y Malargüe.

En la Fig. 3 C, correspondiente a la situación sinóptica del 22 de julio, el anticiclón, en forma de cuña y algo más debilitado (1036 mb), se ha desplazado un poco más al norte. La masa de aire frío y el área con temperaturas inferiores a 0° C cubre la Patagonia y la Pampa, y se prolonga hacia el norte sobre los altos niveles de las Sierras Pampeanas y Subandinas. Se registran nevadas en San Antonio Oeste, Malargüe, San Rafael, San Juan, Jáchal, Salta y Jujuy; y también en las Sierras de Córdoba y en la localidad de Río Cuarto.

En esta secuencia, salvo las costas patagónicas a más de 40° de latitud, las nevadas se han producido en aquellas localidades situadas en niveles elevados, superiores a los 400 metros, y con alturas crecientes hacia el norte del país.

Localidades con registro de nevadas durante la invasión polar atenuada.

<i>En el Litoral Patagónico</i>			<i>En el interior</i>		
<i>Localidad</i>	<i>Latitud</i>	<i>Alt.m.s.n.m.</i>	<i>Localidad</i>	<i>Latitud</i>	<i>Alt.m.s.n.m.</i>
San Julián	49°19'	26	Malargüe	35°30'	1423
Pto.Deseado	47°44'	79	Col.Alvear	35°00'	465
S.A.Oeste	40°44'	7	S.Rafael	34°35'	748
			Río Cuarto	33°05'	421
			Mendoza	32°50'	704
			San Juan	31°37'	615
			Jáchal	30°15'	1165
			Salta	24°51'	1226
			Jujuy	24°11'	1303

Se trata en este caso de un empuje polar atenuado, o debilitado sobre el continente, en el cual se advierte que el centro del anticiclón no alcanzó a llegar a los 35° S, tal como lo ilustra la Fig. 3 D. Esta trayectoria del centro anticiclónico y su rápido debilitamiento no logran producir un enfriamiento suficientemente intenso como para generar nevadas en el ambiente de planicies; pero sí en el ámbito montañoso o en las mesetas elevadas. Estas trayectorias, si bien son típicas del invierno, pueden producirse en otoño y primavera, especialmente en el mes de octubre, cuando son más frecuentes los empujes polares. Durante el verano no son desconocidas, pero no pueden tener efectos sobre la precipitación nival.

3. Nevadas generales por invasión polar intensa.

En estos casos las trayectorias de las masas frías son marcadamente meridianas y alcanzan latitudes más bajas. A los anticiclones que i-

ilustran estas situaciones se los denomina "antárticos"¹⁵ y tienen naturalmente una frecuencia menor que los anteriores. Maurstad los incluye entre las llamadas "circulaciones anormales", es decir, que se diferencian notoriamente de los procesos habituales¹⁶.

Las precipitaciones nivales en estos tipos de tiempo no sólo se circunscriben a las altas tierras sino que afectan también las planicies del dominio marginal. Se trata, lógicamente, de fenómenos ocasionales o excepcionales, cuyo frente de mayor alcance efectivo determina el límite ecuatorial de las nevadas.

La secuencia de los días 6, 7 y 8 de agosto de 1948 (Fig. 4 A, B y C), ilustra un caso de invasión polar intensa. En la Fig. 4 A, correspondiente al día 6 de agosto, el anticiclón proveniente del suroeste se encuentra localizado en la Patagonia, con centro en la provincia de Santa Cruz, y el aire polar directo de su flanco oriental invade el litoral atlántico produciendo nevadas en la costa patagónica y en la provincia de Buenos Aires (Necochea). Al día siguiente (Fig. 4 B), el centro del anticiclón se ha desplazado hacia las provincias de Cuyo, adosado a la Cordillera, según una trayectoria meridiana muy nítida. Continúan las nevadas en la costa atlántica y empiezan a producirse en las Sierras de Córdoba y San Luis, y también en la ciudad de Córdoba. El día 8 de agosto (Fig. 4 C) el anticiclón se ha desplazado hacia el norte y su centro ha rebasado el paralelo de 30°; se encuentra algo debilitado y en proceso de adquirir una trayectoria más zonal. El enfriamiento producido por esta descarga, y evidenciado por la isoterma de 0°C, avanza algo más al norte. Se registran nevadas en Mar del Plata y en Necochea.

Se trata de una ola de frío más intensa que en el empuje polar atenuado, antes descrito, y las diferencias se pueden ilustrar comparando las anomalías de las temperaturas mínimas de ambos ejemplos respecto de los promedios mensuales de la década 1961-1970, en algunas localidades.

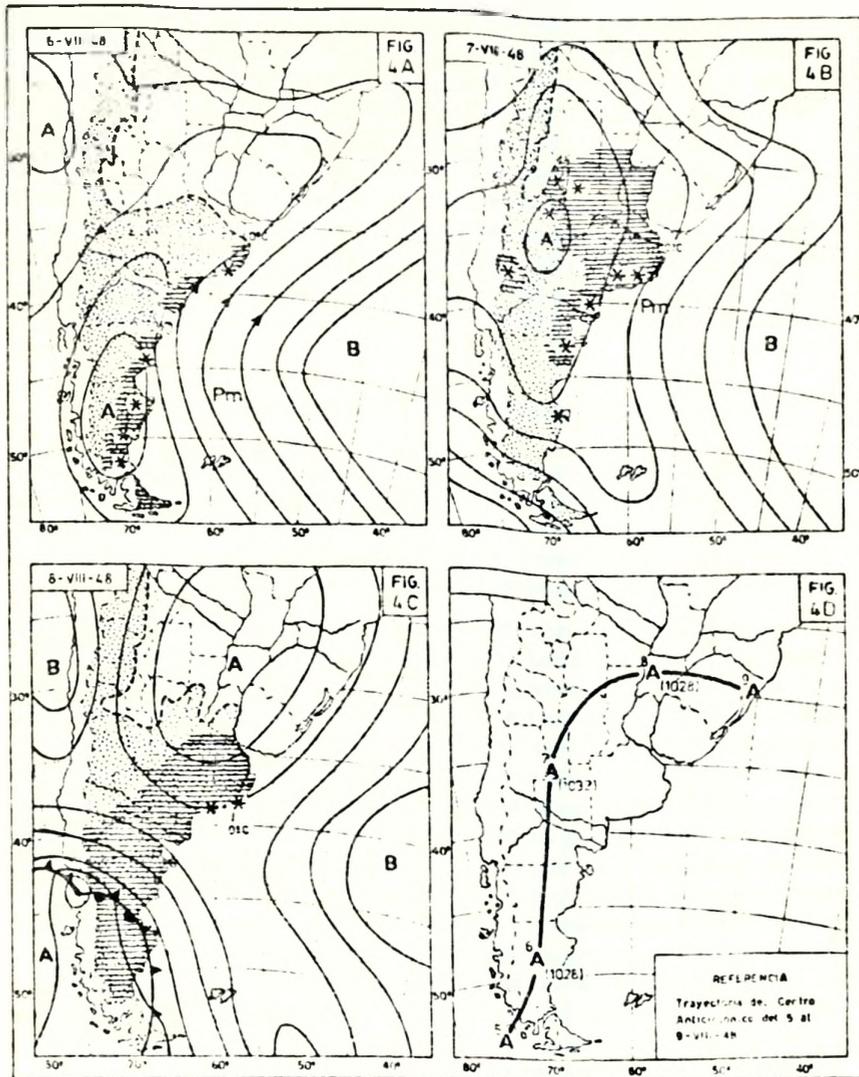
Anomalías de la temperatura mínima

<i>Localidades</i>	<i>Invasión Polar atenuada</i>	<i>Invasión Polar intensa</i>
Mendoza	-1,1°	-4,1°
Neuquén	0,0°	-4,8°
Mar del Plata	-3,5°	-8,5°

Cabe señalar además que la invasión polar intensa, con los efectos mencionados, constituye la culminación de un período de bajo índice de circulación zonal, con varios empujes polares sucesivos que generan muy bajas temperaturas en la etapa final. La marcha de las ano-

¹⁵ Las *Cartas del tiempo* del Servicio Meteorológico Nacional denominan "antárticos" a aquellos anticiclones que ingresan al país desde el sur y siguen una trayectoria aproximadamente meridiana.

¹⁶ Cf. MAURSTAD, A., *El tiempo en la República Argentina*, en *Geografía de la República Argentina*, T. V, Buenos Aires, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 1946, p. 40.



malías de las temperaturas mínimas desde el 26 de julio al 10 de agosto de 1948 en la ciudad de Buenos Aires, permite señalar la notable caída que corresponde a los días 6, 7 y 8 de agosto, con los cuales ilustramos este tipo de tiempo.

Anomalías de las temperaturas mínimas en Buenos Aires

Mes	Julio de 1948						Agosto de 1948									
Días	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anom.	0	-8,4	-7,4	-6,4	-1,4	1,6	0,6	-6,9	-9,9	-5,9	-9,9	-11,9	-8,9	-11,9	-3,9	-2,9

Otra diferencia con el empuje polar atenuado es que en ese caso la nevada se produce sobre los flancos del anticiclón, con vientos del S, del E o con aire polar retrógrado, mientras que en los empujes intensos puede nevar en el mismo núcleo del anticiclón.

Estos empujes fríos excepcionales, exclusivos de la estación invernal, son los únicos capaces de producir nevadas en planicies de latitudes tan bajas, como es el caso de Buenos Aires, y también en las tierras altas de latitudes subtropicales y tropicales, como es el caso ya señalado de las serranías misioneras y algunas comarcas del sur brasileño, como Curitiba, a 25° S, y Ouro Preto, a 20° S, que en alturas del orden de los 900 a 1000 metros tienen nevadas ocasionales¹⁷.

4. Nevadas por procesos meteorológicos de altura.

Entre los procesos meteorológicos que se desarrollan en niveles medios y altos de la troposfera y que pueden generar precipitaciones, Wolcken menciona los frentes fríos de altura y las lagunas frías, que se producen especialmente en los meses invernales, cuando el cinturón de los oestes se encuentra desplazado hacia el norte.

Los frentes fríos de altura se deben a las condiciones orográficas especiales del país, "cuando una masa de aire frío de gran espesor (6 a 7 km, por ej.), proveniente de la parte austral del océano Pacífico y que se desplaza en dirección ENE, se encuentra con la Cordillera de Mendoza y San Juan, dicha cadena de altas montañas impide el avance del aire frío que está por debajo de aproximadamente 4.000 metros, y solamente la parte superior de la gran masa de aire frío invade el país"¹⁸. Esta invasión genera una marcada inestabilidad y precipitaciones. La laguna fría "suele manifestarse sobre el territorio argentino entre latitudes de 32° y 42° aproximadamente"; se trata de una masa de aire frío centrada en la troposfera media y circundada en el mismo nivel por aire de mayor temperatura. Estos sistemas no se reflejan en el campo bórico de superficie o lo hacen sólo en forma débil¹⁹. Rivero ha descrito este fenómeno como "baja segregada", es decir, un ciclón maduro frenado por la Cordillera, que da lugar a la entrada de la depresión de altura, con su correspondiente núcleo frío, que traspasa la montaña en niveles superiores a los 5.000 a 6.000 metros²⁰. La frecuencia de estos procesos meteorológicos es suficiente, sobre todo en el invierno, para que en el caso de Mendoza constituyan la princi-

¹⁷ PEGUY, Ch. P., *op. cit.*, p. 43.

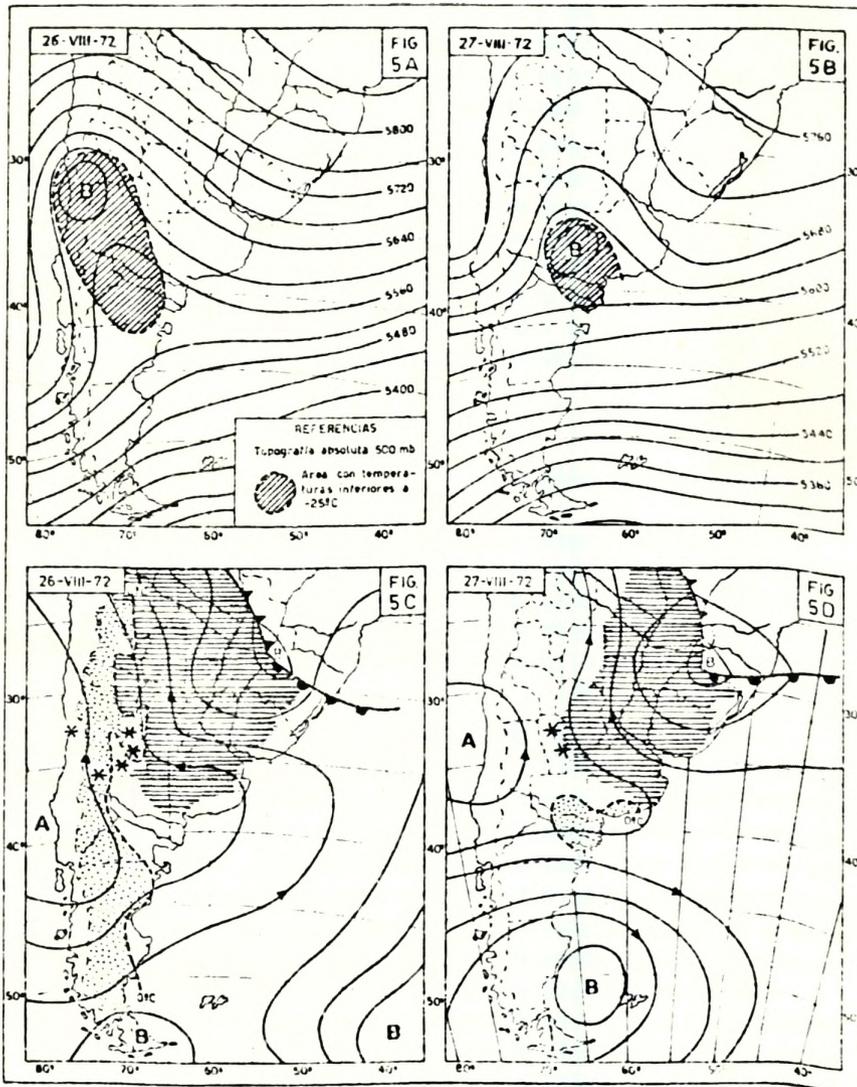
¹⁸ WOLCKEN, K., *Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en la Argentina*, en "Meteoros", Año IV, N° 4, Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, 1954, p. 341.

¹⁹ *Ibidem*, pp. 345-348.

²⁰ Cf. RIVERO, O., *Proceso de 'baja segregada' sobre el centro del país*, en "Revista Meteorológica", Vol. II, N° 1-2-3, Buenos Aires, Centro Argentino de Meteorólogos, 1971.

pal causa de precipitaciones²¹.

Las cartas de altura de los días 26 y 27 de agosto de 1972 (Fig. 5 A y B, topografía absoluta del nivel de 500 milibares) permiten destacar la existencia de una depresión que se había mantenido durante los días anteriores, 24 y 25 de agosto, sobre el flanco occidental de la Cordillera y luego avanzó hacia el oriente, por encima de las cumbres, hasta localizarse en la provincia de La Pampa el día 27. Los núcleos



²¹ WOLCKEN, K., *op. cit.*, pp. 352-353.

con temperaturas inferiores a -25° C, que en estos niveles próximos a los 5.500 metros acompañan a la depresión, generan las condiciones propicias para la precipitación nival.

Las situaciones sinópticas de superficie de ambos días (Fig. 5 C y D) permiten advertir la entrada de una cuña anticiclónica desde el Pacífico, que sigue el pasaje del frente que se encuentra en el norte del país. Las temperaturas mínimas inferiores a 0° C se localizan en la franja occidental, desde la Patagonia hacia el noroeste durante el primer día, y luego se reducen a un pequeño sector del sur de Buenos Aires y La Pampa, y el oriente de Río Negro. Se registran precipitaciones nivales en Chile, en las provincias de Mendoza y San Luis, continuando al día siguiente en esta última.

Los cuatro ejemplos que hemos descrito: vientos occidentales y nevadas por efecto orográfico en la Cordillera, nevadas en tierras altas por invasión polar atenuada, nevadas generales por invasión polar intensa y nevadas por procesos meteorológicos de altura, no agotan las diferentes posibilidades de flujos atmosféricos y combinaciones de factores que originan este tipo de precipitaciones en el país; pero al cubrir la extensión de los dominios nivales ya mencionados proporcionan una base genética para la comprensión de su dispositivo geográfico.

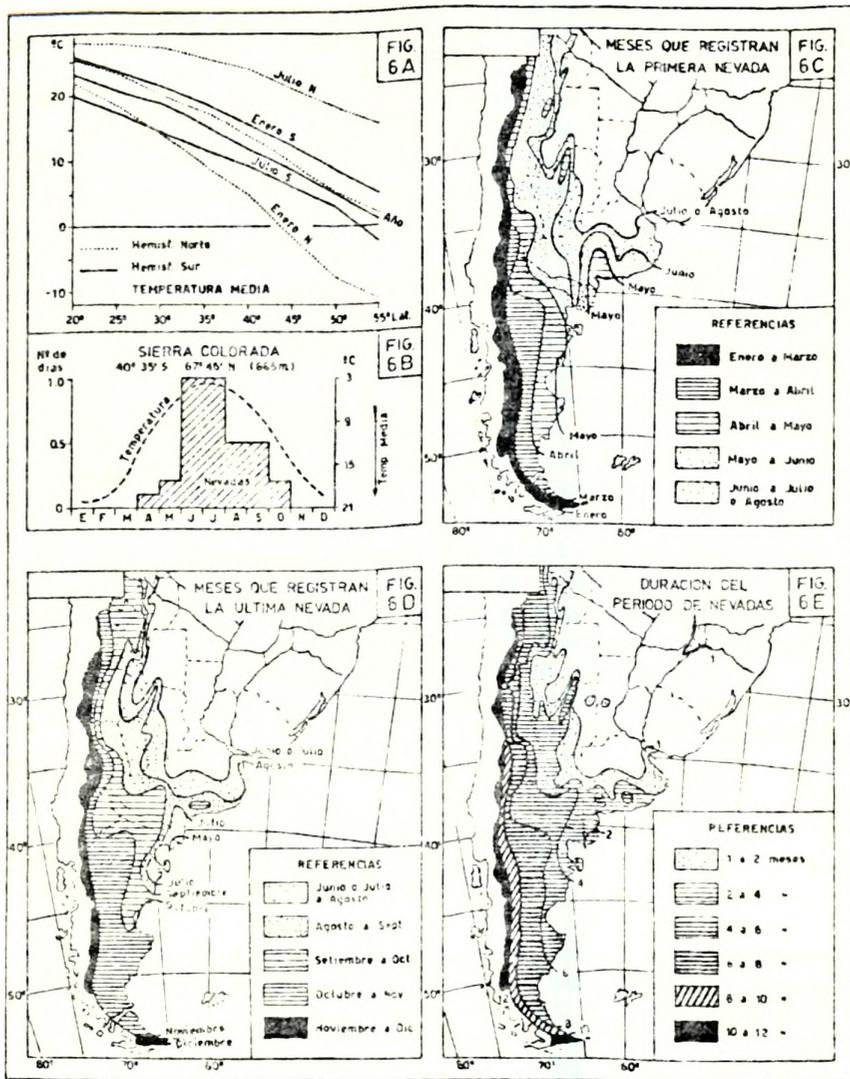
III. Los factores geográficos

La Argentina presenta algunos trazos originales, en lo que hace a precipitaciones nivales, respecto de otros climas del planeta. A iguales condiciones de latitud que en el hemisferio norte, y en ambiente de planicies, las nevadas son menos abundantes y su duración en el suelo es más reducida; pero el período durante el cual se producen es bastante prolongado.

El primer factor de diferenciación radica en el régimen térmico oceánico, característico del hemisferio sur; si bien la temperatura media anual es inferior en este hemisferio, su condición marítima hace que los valores invernales no sean muy bajos y resulten superiores a los del hemisferio norte donde, a igual latitud y altura, el enfriamiento es muy intenso. En la Fig. 6 A están representadas las variaciones latitudinales de las temperaturas de los meses extremos y de los promedios anuales de ambos hemisferios, según los datos de Hann-Suring²².

Este factor produce un desfase latitudinal del fenómeno de las nevadas entre ambos hemisferios: en el septentrional el límite ecuatorial de las caídas normales de nieve en llanura desciende hasta los 30° ó 32° de latitud, mientras que en las costas patagónicas ese límite, coincidente con la isolínea de frecuencia de valor uno, se encuentra

²² En la Fig. 5 A se ha tomado el promedio hemisférico de las temperaturas para cada latitud según HANN-SURING, citado por KNOCHE, W. y BORZACOV, V., op. cit., p. 263.



hacia los 44° S, y en Chile se aproxima a la localidad de Valdivia, a los 40° S²³.

En lo que hace a la duración del manto de nieve, las diferencias son muy marcadas. Así, por ejemplo, en Esquel, a 43° S, la duración media es de 7,7 días por año²⁴, mientras que para similares latitudes

²³ PEGUY, Ch. P., *op. cit.*, p. 43

²⁴ Los datos correspondientes a Esquel y Santa Cruz están contenidos en KNOCHE, W. y BORZACOV, V., *op. cit.*, p. 436.

en el hemisferio norte alcanza a un mes²⁵. Sobre el litoral patagónico la duración es de 7 días en Santa Cruz, a 50° S, y a la misma latitud en el hemisferio norte oscila entre 3 y 4 meses. Esa notable diferencia se explica, por un lado, por la falta de intensidad y duración de los fríos invernales. Obsérvese que, en el hemisferio norte, la isoterma de enero de 0° C se localiza, en promedio, a 44° de latitud, en pleno dominio de las masas continentales; mientras que en el hemisferio sur, en julio, se sitúa sobre los 54° S, en el ámbito de los mares australes. Por otro lado, esa menor duración del manto se relaciona también con la más baja intensidad de las precipitaciones en nuestro país, y ello se explica si tenemos en cuenta que la mayor parte del agua precipitable que ingresa a la Argentina proviene del Atlántico, especialmente en época estival, a raíz de la profundización de la depresión térmica del noroeste, en una época no propicia a la precipitación nival. Durante el invierno la entrada de vapor desde el Pacífico se ve afectada por el efecto desecante de la Cordillera, que reduce las posibilidades de nevadas copiosas a sotavento. Es necesario destacar que el dominio nival ordinario, con excepción de los Andes Patagónicos, coincide con el área más seca del país. Las nevadas abundantes producidas por depresiones y frentes calientes, que son características del hemisferio norte, no pueden alcanzar igual desarrollo en nuestro país por la oclusión forzada que se produce en los Andes chilenos.

En consecuencia, nevadas poco copiosas y carencia de fríos intensos y durables reducen notablemente las posibilidades de permanencia de la nieve en el suelo.

*Número de días con suelo cubierto de nieve*²⁶
(período 1928-1937)

Localidad	Lat.	Alt.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Mendoza	32° 53'	828	-	-	-	-	0,1	-	0,2	-	-	-	-	-	0,3
M. del Plata	38° 03'	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Cipolletti	38° 57'	265	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1
C. Sarmiento	45° 35'	268	-	-	-	-	0,6	3,0	2,0	0,9	0,1	-	-	-	6,6
Esquel	42° 54'	785	-	-	-	-	0,2	2,9	2,9	0,8	0,6	0,1	0,2	-	7,7
Sta. Cruz	50° 01'	11	-	-	-	-	0,1	2,5	3,3	0,9	0,3	-	-	-	7,1

En cuanto al período durante el cual se registran nevadas, se advierte una extensión bastante marcada. Ello es normal en el ámbito montañoso, donde las temperaturas mínimas medias, incluso de los

²⁵ Los datos relativos al hemisferio norte fueron tomados de DE MARTONNE, Emm., *Traité de Géographie Physique*, T. I., Paris, Colin, 1957, p. 193; y de PEGUY, Ch. P., *op. cit.*, p. 436.

²⁶ Datos del período 1928-1937, contenidos en KNOCHE, W. y BORZACOV, V., *op. cit.*, p. 436.

meses estivales, son inferiores a 0° C, como es el caso de Cristo Redentor o cerro Catedral. En el ambiente de planicies y en la Patagonia extraandina, el origen de las nevadas está vinculado sobre todo a los empujes polares, y si bien estos son típicos del invierno, también pueden producirse en primavera y otoño; además, si tenemos en cuenta que la amplitud térmica es reducida, esos empujes pueden generar descensos térmicos suficientemente intensos para producir nevadas y así adelantar o prolongar, sobre todo, el período nivel más allá del núcleo del invierno.

En la Fig. 6 B se puede comparar el régimen de frecuencia de nevadas en la localidad patagónica de Sierra Colorada (665 metros s.n.m.) con su respectivo régimen térmico, representado mediante una curva en escala invertida, a los efectos de ilustrar el desfase producido por los empujes polares de primavera, que si bien no tienen una frecuencia suficiente para alterar decisivamente el régimen térmico, sí la tienen para incrementar la frecuencia de los procesos nivales y producir una curva asimétrica.

La fecha de la primera nevada (Fig. 6 C, meses en que se registran las primeras nevadas de la década 1961-70) permite advertir la existencia de nevadas otoñales en la Patagonia y la notable expansión que se produce sobre todo en el mes de mayo, en coincidencia con el incremento de la frecuencia de depresiones en esas latitudes, hecho que se manifiesta muy nítidamente en el régimen pluviométrico. Se advierte además que en el dominio marginal las nevadas se registran recién en pleno invierno, es decir, cuando pueden producirse empujes polares intensos y sucesivos.

La fecha de la última nevada (Fig. 6 D) ilustra sobre la persistencia de estas precipitaciones, en la Patagonia, hasta los meses primaverales, sobre todo en octubre, mes en que se incrementa el número de anticiclones móviles; a lo que se agrega el hecho de que la inercia térmica del mar evita el excesivo calentamiento en esta parte más estrecha del continente.

De esta combinación de factores resulta que el número de meses durante los cuales se registraron nevadas en la década 1961-1970 es bastante elevado para las condiciones de nuestro país. Esa mayor dispersión de las fechas de primera y última nevadas, se asemeja a lo que ocurre con el fenómeno de las heladas, que fuera oportunamente señalado por Burgos como una característica del clima argentino²⁷. En el mapa de duración del período de nevadas (Fig. 6 E) se advierte que en el dominio marginal se reducen a dos o tres meses, en pleno corazón del invierno; en el subdominio nival de mesetas y planicies y en el de la Puna y Sierras Subandinas y Pampeanas puede oscilar entre 4 y 10 meses, según sean sus condiciones de altura y de proximidad al subdominio andino, donde la precipitación nival puede cubrir todo el año.

27 BURGOS, J. J., *Las heladas en la Argentina*, Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1963, p. 30.

La apreciación de algunos elementos del régimen meteorológico conjuntamente con el efecto del relieve en gran escala, pueden explicar satisfactoriamente ciertos detalles del campo medio de los procesos nivales. En el croquis representado en la Fig. 7 hemos incluido un esquema proyectado de la Argentina con ciertos rasgos del relieve (isohipsas de 500 y de 3000 metros) y las isolíneas de frecuencia de nevadas de valor cero y uno, que limitan los dominios marginal y ordinario; también un perfil longitudinal de la Cordillera de los Andes, desde el límite norte del país al extremo meridional de la porción continental argentina.²⁸ En ese perfil hemos trazado, según los datos de 23 localidades situadas sobre las vertientes orientales o en sus proximidades, las isolíneas de frecuencia de nevadas de valor 1, 10, 20, etc. y también el límite climático de las nieves persistentes, según Feruglio²⁹. En la Fig. 7 B agregamos un mapa esquemático de las precipitaciones anuales, en el cual se incluyen los siguientes límites: el eje de máxima aridez o de agotamiento de las áreas lluviosas que dependen de la acción del Pacífico y del Atlántico. Este límite significa también un eje de asimetría en los regímenes aluviométricos; en efecto, hacia el oeste y el sur dominan las precipitaciones invernales características del régimen Pacífico, y hacia el norte y el oriente el régimen estival o Atlántico³⁰. Dentro de esta última área hemos incluido un límite de menor jerarquía, que separa el ámbito de régimen netamente estival de una franja transicional en la cual, no obstante dominar las precipitaciones de verano, se advierte un pequeño repunte en los meses invernales. Los histogramas de precipitaciones de Comodoro Rivadavia y Córdoba, en ambos extremos, ilustran los regímenes Pacífico y Atlántico respectivamente; y el de Bahía Blanca, aquella franja transicional donde se manifiesta el repunte invernal referido. En la Fig. 7 C se han representado las isolíneas de pasaje de ciclones en invierno (junio a setiembre de 1967), según el original de Rivero y Bischoff³¹; y en la Fig. 7 D la relación entre la altura y la frecuencia de nevadas en la ladera oriental de los Andes a 33° y 41° de latitud aproximadamente.

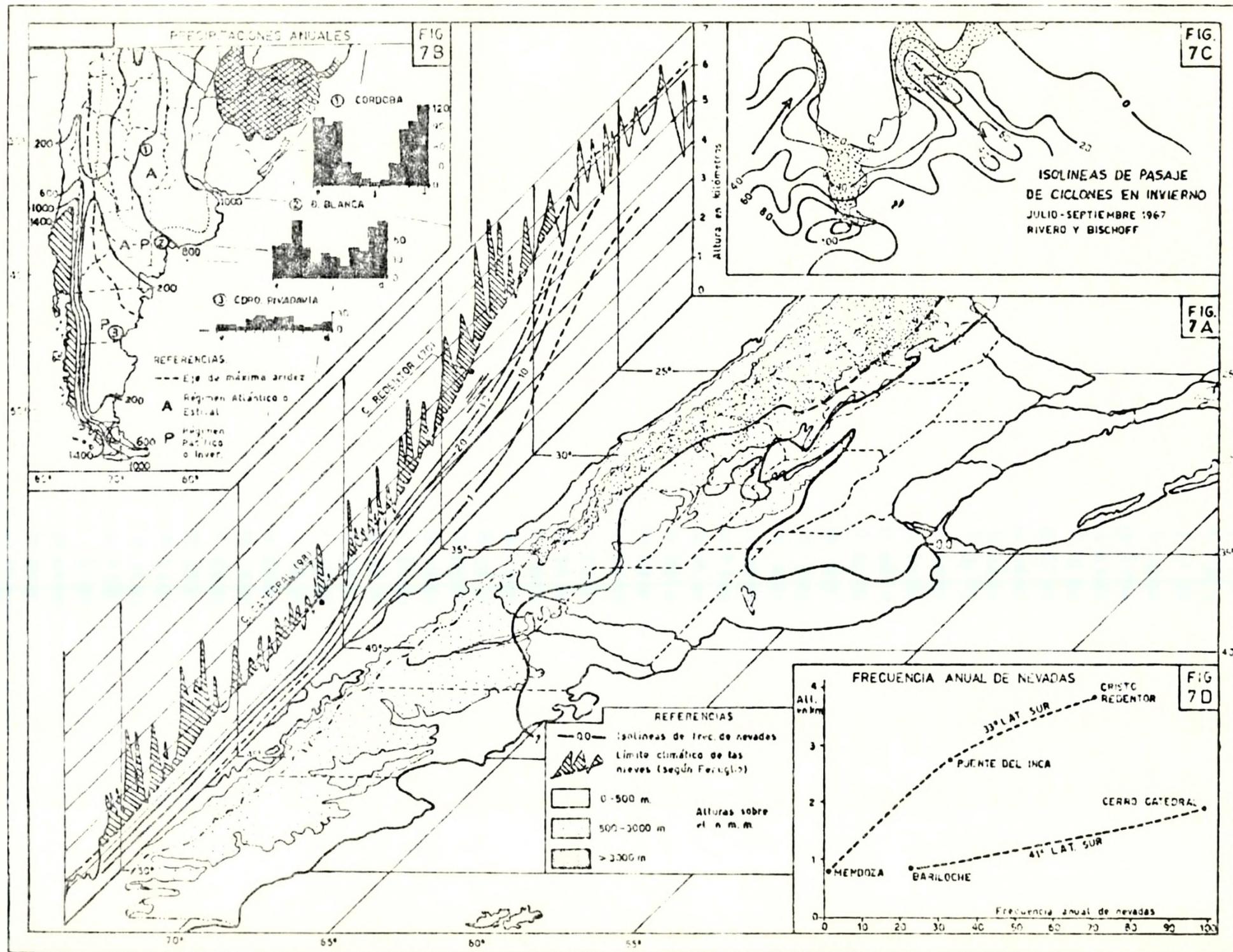
En primer lugar, cabe señalar que el límite del dominio nival ordinario, representado por la isolínea de frecuencia de valor uno, coin-

28 Perfil trazado sobre la base del original de CASTILLO, M. y RODANO, R. *Líneas de inestabilidad en el Hemisferio Sur*, Buenos Aires, Atepsa, 1976.

29 Cf. FERUGLIO, E., *Los glaciares de la Cordillera argentina*, en *Geografía de la República Argentina*, T. VII, primera parte, Buenos Aires, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 1957, pp. 12-13.

30 Cf. *La diagonal árida argentina: un límite climático real*, en "Revista Geográfica, N° 95, México, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1982, pp. 5 y ss.

31 RIVERO, O. y BISCHOFF, S., *Ciclogénesis, movimiento y distribución de depresiones en los océanos Atlántico y Pacífico durante el período abril 1967 a marzo 1968*, en "Revista Meteorológica", Vol. II, Buenos Aires, Centro Argentino de Meteorólogos, 1971, p. 476.



cide notablemente con el eje de inversión de los regímenes pluviométricos a partir de los 27° hacia el sur. Ambos límites bajan adosados a la vertiente oriental, y, a medida que disminuye el nivel del cordón andino, se apartan hacia el oriente y penetran en el ámbito de las mesetas patagónicas, para llegar finalmente al litoral atlántico hacia los 44° S. Esa disminución del nivel cordillerano, especialmente en el tramo comprendido entre 35° y 37° S, posibilita que las depresiones provenientes del Pacífico (Fig. 7 C) puedan trasponer las montañas con menores modificaciones en el tramo meridional y extender los efectos de ese régimen hacia el oriente. A ello debe agregarse que, dentro de esta zona, entre 32° 42° S, se manifiestan preferentemente los procesos descritos en páginas anteriores.

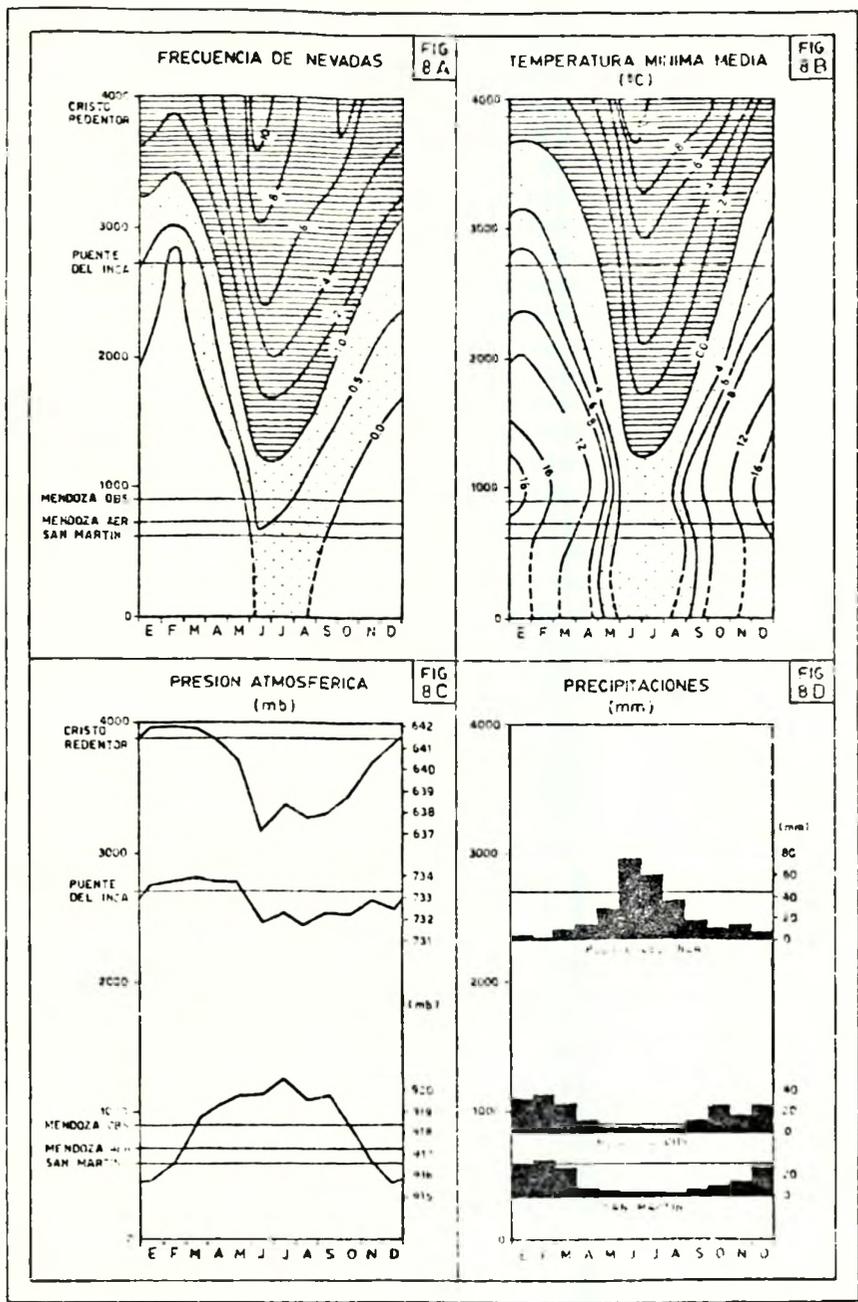
Esta coincidencia espacial, sólo a partir de los 27° S, y el hecho de que la Puna y las Sierras Subandinas y Pampeanas queden incluidas dentro del ámbito de la depresión térmica y del régimen estival atlántico, es la razón que obliga a distinguir este subdominio.

En segundo lugar, se puede advertir que el límite del dominio marginal, en el ambiente de planicies, tiende a ajustarse al área de proyección del efecto invernal en el régimen de precipitaciones (Fig. 7 B).

Las líneas de igual frecuencia de nevadas, trazadas sobre el perfil longitudinal de los Andes, no sólo muestran un descenso gradual a medida que crece la latitud, sino también algunos cambios más marcados, que están en relación con ese diseño topográfico; algo semejante se observa con el límite climático de las nieves persistentes.

También se advierte un progresivo acercamiento entre las isolíneas a medida que se asciende sobre el flanco andino; precisamente la relación entre la altura y la frecuencia de nevadas (Fig. 7 D) permite señalar más claramente las diferencias que se observan entre las latitudes de 33° y 41° S, es decir, en los tramos con alturas de 4 a 5 km y de 2 km, respectivamente. En el primer caso puede advertirse que entre Mendoza y Puente del Inca la frecuencia de nevadas se incrementa en un día por cada 60 metros de ascenso, y entre Puente del Inca y Cristo Redentor se requieren sólo 30 metros. A 41° S, en niveles más bajos y con una muy marcada influencia de los oestes, el gradiente es más intenso todavía y con sólo 15 metros de ascenso se incrementa la frecuencia en un día.

Teniendo en cuenta que en la provincia de Mendoza es mayor la información disponible, representativa de los diversos niveles del flanco andino, hemos trazado los diagramas altitudinales representados en la Fig. 8. En 8 A las variaciones altitudinales de la frecuencia de nevadas sobre la base de los datos de San Martín (653 metros s.n.m.), Mendoza Aero (704 m.s.n.m.), Mendoza Observatorio (828 m.s.n.m.), Puente del Inca (2.720 m.s.n.m.) y Cristo Redentor (3.832 m.s.n.m.); en 8 B las variaciones de la temperatura mínima media entre las mismas estaciones meteorológicas; en 8 C los regímenes de la presión atmosférica a nivel de cada estación, en tres de ellas (se excluyeron Mendoza Aero y San Martín por ser semejantes al régimen de Mendoza Observatorio); finalmente, en 8 D los regímenes de precipitación (se excluyeron Mendoza Aero por su semejanza con Mendoza Observatorio, y Cristo Redentor por carecer de esta información).



Observatorio, y Cristo Redentor por carecer de esta información.
 La comparación de estos diagramas permite destacar las relaciones entre los elementos representados y las notables diferencias entre los distintos niveles del flanco andino, desde el dominio nival ordinaria

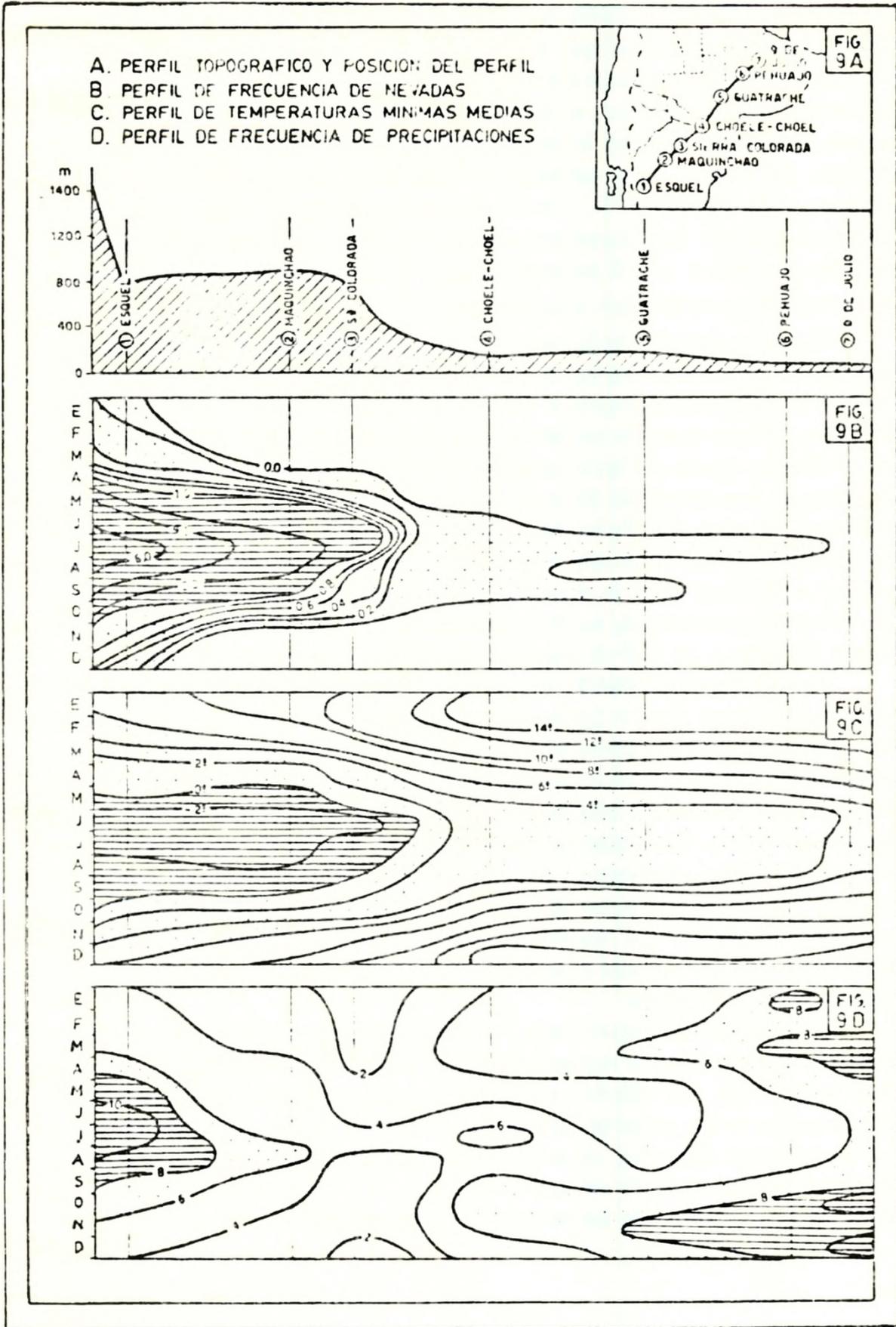
rio hasta el dominio marginal. Si bien la frecuencia de nevadas disminuye hacia los niveles más bajos, de un modo semejante al ascenso de la temperatura y ofreciendo una cierta continuidad, los regímenes meteorológicos difieren notablemente entre los niveles más altos y el piedemonte. Prohaska señala que Cristo Redentor participa de la circulación atmosférica de las zonas templadas durante el invierno y ello se nota por la mayor nubosidad y por los cambios de tiempo mucho más frecuentes³². La intensificación de las nevadas coincide con las presiones más bajas y con el régimen invernal de precipitaciones, hecho que se manifiesta nítidamente hasta el nivel de Puente del Inca. Capitanelli ha precisado el alcance del régimen invernal, en el valle del río Mendoza, señalando que puede darse por terminado a los 2.000 m.s. n.m., entre los arroyos Picheuta y Cortaderas³³. En niveles inferiores se puede advertir la inversión del régimen de la presión, por efecto de calentamiento estival en capas de la troposfera, y también la inversión del régimen pluviométrico, con máximos estivales producidos por la profundización de la depresión térmica del noroeste argentino. En estos niveles más bajos las nevadas se reducen a los meses invernales y, seguramente, el origen de las mismas resulta de una interpenetración de influencias pacíficas y atlánticas. El alcance del efecto atlántico, en la zona que tratamos, también ha sido precisado por Capitanelli cuando advierte que las sudestadas pueden producir nieve al pie de los Andes y en ciertas ocasiones penetrar por lo menos hasta los 2.000 metros en el valle del río Atuel³⁴.

Hacia el norte del país, en el subdominio de la Puna y de las Sierras Subandinas y Pampeanas, la escasa densidad de la información impide bosquejar un cuadro preciso de las variaciones altitudinales. En el propio ambiente de la Puna, la localidad de La Quiaca (22° 06' S y 65° 36' W, 3.459 metros s.n.m.) sólo registra nevadas en agosto, y la frecuencia anual se reduce a 0,2; en el observatorio La Casualidad (25° 03' S y 68° 13' W, 4.092 metros s.n.m.) alcanzan una frecuencia de 2,8, desde abril a octubre. Sobre el borde oriental de la Puna, en las laderas subandinas más expuestas a las corrientes húmedas del Atlántico, el dominio nival ordinario desciende notablemente; en Villa Nougés (26° 53' S y 65° 23' W, 1.388 metros s.n.m.) las nevadas se extienden desde mayo a agosto, con una frecuencia anual de 0,9, es decir, prácticamente en el límite del dominio marginal. Rohmeder señala, precisamente para el caso del Aconquija, la altura de 1.200 metros como límite inferior de las caídas de nieve para los casos comunes y hasta 500 metros para las situaciones extraordinarias, y observa que las verdaderas nevadas se dan durante el invierno, entre mayo y

³² Cf. PROHASKA, F., *Algunos aspectos del clima de la Alta Cordillera y de la Puna argentinas*, en "Boletín de Estudios Geográficos", Vol. VIII, N° 30, Mendoza, Instituto de Geografía, 1961, p. 24.

³³ CAPITANELLI, R., *Climatología de Mendoza*, en "Boletín de Estudios Geográficos", Vol. XIV, N° 54-57, Mendoza, Instituto de Geografía, 1967, p. 104.

³⁴ *Ibidem*.



setiembre. Con respecto a los niveles elevados, del orden de los 5.000 metros; que es el que corresponde a los "nevados", precisa que se componen sólo en parte de nieve, "un componente cuantitativamente mayor lo constituyen el granizo y el pedrisco originados por el ascenso acelerado de aire húmedo caliente hacia las capas frías de los vientos del oeste. . . las nevadas de verano son en realidad campos de granizo y de pedrisco"³⁵. En las sierras de Córdoba y San Luis, hasta aquellos niveles que cuentan con observaciones, como es el caso de Huerta Grande a 1.015 metros s.n.m., las nevadas son exclusivamente invernales y se limitan a cuatro meses.

Hacia el sur del país, en la región patagónica, el campo de frecuencia de nevadas presenta relaciones muy claras con los factores que hemos venido mencionando. En la Fig. 9, que complementa a las anteriores, hemos trazado un perfil que se extiende desde el dominio nival ordinario hasta el límite ecuatorial de las nevadas en llanura, sobre la base de los datos de Esquel, Maquinchao, Sierra Colorada, Choele-Choel, Guatraché, Pehujó y Nueve de Julio. En la Fig. 9 A el perfil topográfico permite distinguir los ámbitos de montaña, de las mesetas patagónicas y de la planicie; en 9 B está representada la frecuencia mensual de nevadas; en 9 C las variaciones de las temperaturas mínimas medias; y en 9 D el número de días con precipitaciones.

Se advierte claramente que el dominio nival ordinario, que llega algo más allá de Sierra Colorada, coincide con el área de temperaturas mínimas medias inferiores a 0° C en los meses invernales, que son características de los altos niveles de las mesetas, y con el régimen pluviométrico invernal de origen pacífico. El eje de máxima aridez, situado entre Sierra Colorada y Choele-Choel, marca la inversión de los campos y de los regímenes pluviométricos dependientes de ambos océanos. Hacia el noreste se proyecta el apófisis invernal de nevadas ocasionales, típico del dominio marginal de la planicie, hasta llegar a un límite ecuatorial, más o menos provisorio, dependiente de las invasiones polares intensas.

La interacción entre factores dinámicos y estáticos, representados por los regímenes meteorológicos, la continentalidad, el dispositivo orográfico, los efectos de la altura, etc., permiten comprender la distribución y las características de los dominios y subdominios nivales que hemos descrito, es decir, los rasgos sobresalientes que se pueden vislumbrar a partir de la inserción de los valores de frecuencia de nevadas en el marco de las relaciones geográficas.

³⁵ ROHMEDER, G., *op. cit.*, p. 39.