

# Sobre el problema geomorfológico del alineamiento de las cumbres en la región del lago Buenos Aires y la determinación de las líneas tectónicas en la parte sur de la cordillera de los Andes

por MATTHIAS MATSCHINSKI \*

AUGUSTO CALMELS \*\*

ELBA FERRANDI \*\*

1. Existen numerosos métodos para llegar a la determinación más o menos exacta de las líneas tectónicas de una región geológica o geomorfológica. Cuando está minuciosamente estudiada, esa tarea no resulta difícil. En un estado avanzado de los estudios, no es necesario ni siquiera tener un método para la determinación de esas direcciones: pueden ser reconocidas inmediatamente, y el método sólo representa la manera de expresarse brevemente para decir lo mismo que el mapa.

Pero para las regiones todavía no estudiadas suficientemente, con un acceso difícil, con grandes vacíos sobre el mapa geológico y geomorfológico, el problema de definir las direcciones tectónicas se convierte en un verdadero *problema*: una tarea aparte que exige sus propios métodos de investigación.

No se puede esperar simplemente el momento en que los mapas estén completos, en que los viajes de investigación se multipliquen, en que se llegue al conocimiento completo de las estructuras geológicas, geomorfológicas de la región. No se debe esperar solamente porque esta espera sería infinitamente larga, sino también porque el progreso en el conocimiento geológico de la región en cuestión se podría acelerar si tuviéramos a nuestra disposición ciertas ideas, aunque no muy exactas, sobre la estructura geológica en general y particularmente sobre las direcciones tectónicas.

2. En la parte sur de la cordillera de los Andes nos encontramos en esa situación. La región está muy poco estudiada geomorfológica y geológicamente, los mapas son someros y vagos, las lagunas son grandes y numerosas. A esto se agrega la lamentable circunstancia «política» de que la región forma parte de dos países diferentes, cuyos servicios geológicos no quieren — o no pueden — llegar a la edición de mapas geológicos en común. Es por ello que

\* Catedrático del Instituto de Estadística de la Facultad de Ciencias de la Universidad de París.

\*\* Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (Argentina).

pensamos que no será inútil emprender una pequeña investigación sobre esas direcciones tectónicas, aun cuando estamos convencidos de que, en el estado actual de los conocimientos, no podrá dar resultados enteramente exactos.

Para esta investigación aplicaremos el método estadístico de los *alineamientos*. Este método ha sido propuesto por uno de nosotros (1), quien lo ha aplicado a diferentes distribuciones caóticas de formaciones geológicas y geográficas tan distintas como mares, colinas, volcanes, islas, etc. Siempre, y sin excepción, se ha demostrado que el conjunto de las direcciones de alineamiento corresponden, a grandes rasgos, con los conjuntos de las direcciones tectónicas de la región estudiada. Esto puede ser afirmado con seguridad, basándonos en el hecho de que se han emprendido tales estudios en regiones no estudiadas desde el punto de vista de las direcciones tectónicas y también se ha aplicado este mismo método a una gran cantidad de regiones en las cuales las líneas tectónicas habían sido completamente definidas por otros métodos y los resultados obtenidos por la aplicación del método de los alineamientos es tan perfecta que pueda haber muy poca duda sobre la discordancia eventual en una región nueva.

A pesar de esta exactitud perfecta, dada por el método de los alineamientos, es natural que no pretendemos exactitudes irreprochables en los resultados publicados en este trabajo; por bueno que sea el método, la exactitud de los resultados no depende únicamente de él, sino de otras mil circunstancias: de la deficiencia en el número de mediciones o de sus errores o, finalmente, de una inexacta o falsa interpretación.

3. Volvamos, entonces, a esa región del sur de la Cordillera que será objeto de nuestra investigación. Resulta natural que en el actual estado de la ciencia geológica o geomorfológica no pueda decirse que no se conoce nada de las direcciones tectónicas de esa gran e importante región del Globo. Es suficiente un simple mapa geográfico, y no geológico, para persuadirse de la presencia de dos grandes grupos de direcciones tectónicas que pueden ser reconocidos aquí. Por una parte, es el conjunto que se agrupa alrededor de la dirección general de la Cordillera, es decir, entre  $\pm 20^\circ$  de la dirección N-S, con excepción de Tierra del Fuego, naturalmente. Por otra parte, es un conjunto de direcciones que cortan, de manera más o menos decisiva, la de la Cordillera. Esta dirección no es perpendicular a la Cordillera en el sentido geométrico de la palabra. Como se desprende de la dirección de los grandes lagos (Buenos Aires, Viedma, Argentino), de los grupos de pequeños lagos y de ciertas crestas perpendiculares, estas direcciones, diferentes a las del grupo N-S, se reúnen alrededor de dos direcciones un tanto inclinadas con relación a la dirección perpendicular.

La existencia de esas direcciones diferentes al grupo de las direcciones N-S y próximas a ellas, ya ha sido señalado por varios autores, y entre otros por nosotros (2). Sin embargo, de acuerdo con nuestro conocimiento, no existe ningún trabajo exhaustivo a este respecto, sin decir que esas direcciones de líneas tectónicas secundarias nunca se han dado con la precisión necesaria.

Esperamos, con este pequeño trabajo, ver colmada parcialmente esta laguna.

4. Hasta ahora hemos hablado de la parte sur de la cordillera de los Andes. Es natural que para llegar a cifras más o menos exactas, que caractericen las líneas tectónicas, tanto las más importantes como las secundarias, no se puede dispersar la atención sobre una región tan grande: esas direcciones pueden ser esencialmente diferentes para las distintas partes. Puede notarse que la dirección dorsal de la Cordillera cambia bastante sensiblemente en esta región. De su dirección general al sur, esta dirección dorsal se desvía casi hasta los  $20^\circ$  al oeste (en la latitud de  $42-43^\circ$ ) para dirigirse luego exactamente al sur, en la latitud de  $49^\circ$ , y girar aún más al este al sur de ese paralelo. Como se sabe, en la parte extrema — Tierra del Fuego — la dirección dorsal deja completamente el sur y se vuelve casi perpendicular a sí misma. Pero, como ya lo hemos dicho, la Tierra del Fuego quedará fuera de las consideraciones de nuestro trabajo.

Pero aun en la parte esencial, entre  $42$  y  $50^\circ$  de latitud, estas características cambian demasiado como para ser considerada en un conjunto. Es por esta razón que hemos elegido, como objeto de nuestro estudio, una región bastante reducida alrededor del lago Buenos Aires. Esto significa que nos limitaremos por el paralelo de  $46^\circ$  al norte y por el de  $48^\circ$  al sur.

Está claro que estos límites son bastante arbitrarios, pero en el estado actual de las cosas sólo se puede partir de ciertas hipótesis. Comparando la dirección general del lago Buenos Aires con la dirección de la parte profunda de los fiordos chilenos, de los lagos más pequeños, como el Cochrane, de los depósitos lacustres cuaternarios (cuyos grupos principales se encuentran a la latitud de  $45^\circ 20'$ ,  $46^\circ$  y  $47^\circ 20'$ ), se percibe fácilmente que la hipótesis de reunir la región comprendida entre los paralelos indicados más arriba, es completamente plausible.

Tal será la región de nuestros estudios.

5. En lo que concierne a las geoformas que estudiaremos, podemos decir que se tratará de las cumbres, tal como están indicadas en el mapa topográfico del Instituto Geográfico Militar, escala 1:500.000, hoja n.º 86, denominada «Lago Buenos Aires», edición de 1962, compilada en 1937. Se buscará el alineamiento de esas formaciones y luego se tratará de conformar los resultados adquiridos por su comparación con otros datos geomorfológicos y geológicos, aunque estos últimos sean relativamente escasos.

Es evidente que se podrían considerar también los valles transversales. Sin embargo, la forma de tales valles transversales es un hecho que depende mucho más de los fenómenos de erosión que la posición de las cumbres, aunque estas últimas no dejan de estar igualmente influidas en alguna medida por la erosión. Pero puesto que no es la erosión lo que estudiamos, sino la forma «primitiva», definida por las líneas tectónicas, es razonable elegir los fenómenos que dependen lo menos posible de los fenómenos de erosión.

La presencia de algunos otros fenómenos especiales (como, por ejemplo, de las dolinas, que proporcionan un servicio tan notable en el Jura para definir las líneas tectónicas) podría constituir un valioso auxiliar en la determinación de nuestro objetivo. Pero casi no están presentes en la Cordillera.

Retornemos, pues, a nuestro objetivo: las cumbres. Podemos comprender fácilmente que la elección de las mismas resulta un poco arbitraria. Si hubiéramos emprendido esta elección personalmente se nos podría reprochar de haber elegido, voluntaria o involuntariamente, las cumbres más favorables para la comprobación de una u otra hipótesis. El mismo reproche se nos podría hacer si hubiéramos tomado esa elección de algún trabajo geológico, que siempre sería hecho — y no podría serlo de otra manera — a partir de una cierta idea sobre las distribuciones, las direcciones, etc. Es por esa razón, de la máxima objetividad posible, que hemos tomado los datos de un mapa geográfico, donde la idea de una aplicación tectónica no ha estado presente seguramente en la mente de sus autores.

6. El método aplicado para definir los alineamientos de esas cumbres es el que ha sido propuesto por Matschinski (1).

Los alineamientos característicos de este método son muy simples y su aplicación no exige conocimientos especiales, ni matemáticos generales ni estadísticos. No podemos introducirnos aquí en la teoría de ese método y en todas sus aplicaciones, pero pensamos que es útil exponer algunos detalles sobre la técnica de su aplicación para hacerlos comprensibles a las personas que todavía no lo conocen y proporcionarles la idea de la posibilidad de este método y, eventualmente, incitarlas a su aplicación en los diferentes dominios de la geomorfología y de la geología.

Uno de los autores (Matschinski) ha aplicado a este problema su teoría general de las «medias tensoriales» (4) procurando simplificarlo para que pudiera ser aplicado gráficamente y casi sin cálculos numéricos. No insistiremos sobre la teoría de este método simplificado, pero daremos algunas indicaciones prácticas sobre su aplicación al ejemplo elegido.

Dado que una hipótesis previa sobre la forma de las líneas de «alineamientos» (rectas, curvas, quebradas, etc.) es, aunque posible, bastante arbitraria y a menudo azarosa, es preferible tratar de buscar, primeramente el alineamiento «local» alrededor de cada cumbre y, solamente luego, construir el alineamiento «global» sobre la base del «local» que se haya encontrado. Aquí hemos procedido de esa manera.

Para determinar este alineamiento local es suficiente con considerar tres puntos — tres cumbres o, en forma más general, tres geofomas —: el primero (A, fig. 1,1, en que se busca la dirección del alineamiento) y los dos que están *más próximos* de él (B y C, que determinan el alineamiento). Matemáticamente, el problema se limita a la determinación de la tangente a la curva eventual BAC. Empero, sería inexacto trazar esta tangente por el punto A como una paralela a BC, puesto que de esta manera la influencia de B y de C sería la misma, en tanto que, como resulta evidente, en el caso de la figura conside-

rada la influencia de C debe ser más débil, en razón de encontrarse más alejada de A (fig. 1,2). Entre las posibilidades lógicamente más fundadas sólo nos referiremos a dos: 1) los ángulos de la línea a determinar con las rectas AB y AC son iguales (fig. 1,3), y 2) dichos ángulos son proporcionales a las longitudes de AB y AC:  $\alpha/\beta=AB/AC$  (fig. 1,4).

El primer método es el más simple y no exige cálculos, mientras que el segundo se ajusta más a nuestro objetivo. Para hacer coincidir la comodidad

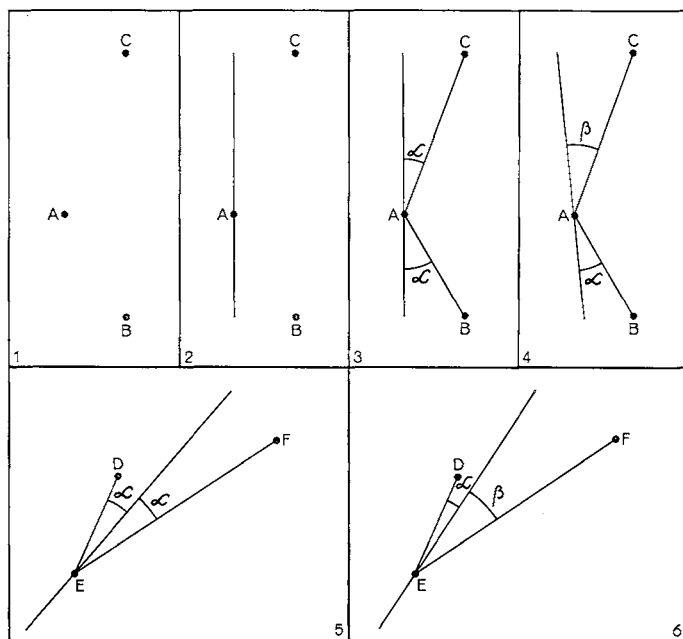


Figura 1

de los cálculos con la exactitud requerida, se recomienda la regla sobre el mapa de acuerdo con el primer método, y mejorar el resultado girando un poco en el sentido del segundo. De ese modo se tendrá inmediatamente la dirección buscada sobre el mapa, sin necesidad de efectuar ningún cálculo.

Al aplicar este método se debe tener en cuenta constantemente el punto que sirve de base (en el cual se busca la dirección del alineamiento) y los puntos que están más próximos. Así, la misma configuración de la figura 1,1 puede dar lugar a los resultados de 1,3, 1,4 (donde A es la base y B y C los puntos «más próximos»), como a los resultados 1,5, 1,6 (en que el punto D es la base y E y F los «más próximos»).

Las medidas descritas han sido efectuadas sobre 128 cumbres que se encuentran en la parte comprendida entre los paralelos mencionados (fig. 2). Los ángulos de alineamiento local así encontrados para estos puntos han sido medidos de 0 a 180° (para no introducir números negativos) a partir del Norte

geográfico y girando en el sentido de las agujas del reloj. La curva de frecuencia adquiere la forma de la figura 3.

Para la aplicación a toda otra geoforma que no sean las cumbres, la técnica geométrica-gráfica es siempre la misma que la que se ha descrito.

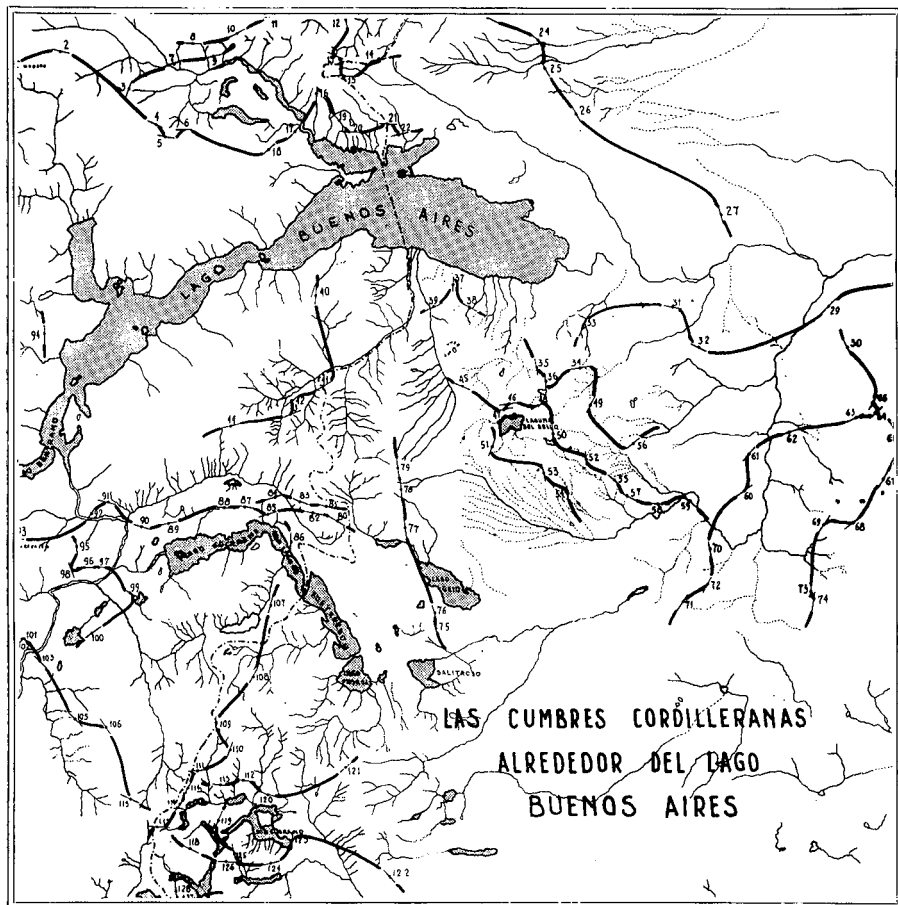


Figura 2

A un geólogo, geomorfólogo o geógrafo a menudo le será suficiente con considerar atentamente estas líneas de alineamiento así obtenidas. Esta noción es particularmente exacta cuando el sistema de líneas no es demasiado complicado. Por el contrario, si las líneas dan la impresión de estar desordenadas, es necesario recurrir a la construcción de las curvas de frecuencia.

7. Con el método descrito hemos obtenido los resultados que se detallan a continuación.

*[Faint, illegible handwritten text]*

Cuadro I

Punto	Grupo	Angulo	Punto	Grupo	Angulo	Punto	Grupo	Angulo	Punto	Grupo	Angulo
1	1- 2- 3	97°	17	16-17-18	42°	33	33-34-35	32°	49	34-49-50	
2	2- 1- 3	105°	18	18-17-16	41°	34	34-35-36	81°	50	48-50-53	
3	3- 4- 7	19°	19	16-19-20	140°	35	35-36-48	166°	51	51-47-46	
4	4- 5- 6	117°	20	19-20-21	95°	36	35-36-48	177°	52	52-54-55	
5	4- 5- 6	102°	21	22-21-20	94°	37	37-38-39	1°	53	53-50-54	
6	4- 5- 6	86°	22	21-22-20	80°	38	37-38-39	121°	54	54-53-52	
7	7- 8- 9	72°	23	23-24-25	124°	39	37-38-39	69°	55	55-57-52	
8	8- 9-10	93°	24	23-24-25	131°	40	40-41-42	5°	56	56-52-55	
9	8- 9-10	80°	25	24-25-26	151°	41	41-42-43	58°	57	57-55-58	
10	9-10-11	59°	26	24-25-26	150°	42	41-42-43	50°	58	57-58-59	
11	10-11-12	85°	27	31-27-29	163°	43	41-42-43	67°	59	59-58-70	
12	12-13-14	166°	28	28-29-30	54°	44	42-43-44	76°	60	60-61-59	
13	13-14-15	116°	29	28-29-30	43°	45	45-46-47	115°	61	61-62-60	
14	13-14-15	80°	30	29-30-65	154°	46	46-47-48	83°	62	62-61-63	
15	13-15-16	97°	31	31-32-33	102°	47	46-47-48	78°	63	63-64-65	
16	15-16-19	6°	32	31-32-33	112°	48	46-48-36	58°	64	63-64-65	

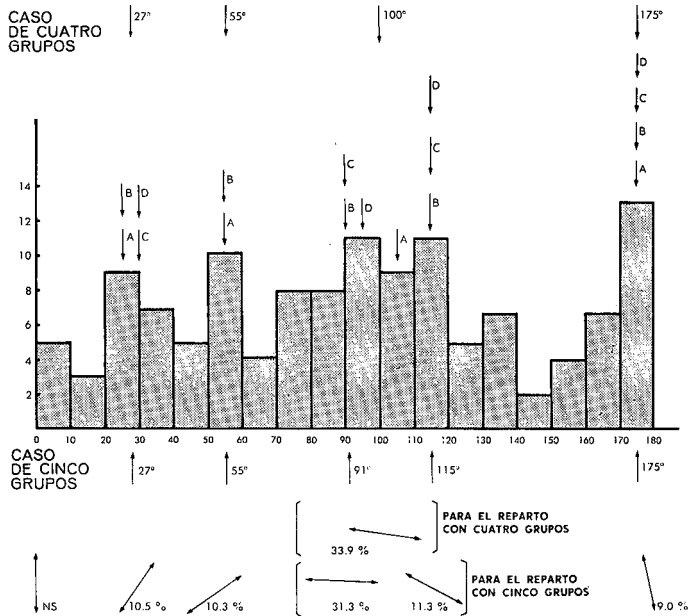


Figura 3

El alineamiento local, contado a partir de la dirección N-S, está representado en el cuadro I. La curva de frecuencia correspondiente se proporciona en la figura 3.

Grupo	Angulo	Punto	Grupo	Angulo	Punto	Grupo	Angulo	Punto	Grupo	Angulo
63-64-65	25°	81	81-82-80	107°	97	97- 96- 98	90°	113	113-111-112	101°
66-64-65	137°	82	82-81-83	101°	98	98- 96- 95	158°	114	114-111-116	36°
66-67-68	29°	83	83-82-84	114°	99	99- 97- 96	123°	115	115-117-116	113°
67-68-69	54°	84	84-83-85	71°	100	100- 99-103	54°	116	116-114-117	37°
68-69-73	33°	85	85-84-87	76°	101	101-102-103	116°	117	117-115-116	95°
70-59-72	170°	86	86-85-82	178°	102	102-101-104	23°	118	118-117-126	114°
70-71-72	36°	87	87-88-85	100°	103	103-101-102	132°	119	119-118-113	25°
70-71-72	26°	88	88-87-85	95°	104	104-102-103	41°	120	120-112-113	110°
73-74-69	10°	89	89-90-88	79°	105	105-106-103	136°	121	121-120-123	55°
73-74-69	7°	90	90-89-91	110°	106	106-105-115	144°	122	122-123-121	135°
75-76-77	167°	91	91-92-90	105°	107	107-108- 86	17°	123	123-124-120	179°
75-76-77	163°	92	92-91-95	37°	108	108-107-109	21°	124	124-123-125	78°
77-78-79	175°	93	93-95-98	110°	109	109-111-110	2°	125	125-126-119	169°
78-77-79	176°	94	94-91-92	176°	110	110-109-111	21°	126	126-118-125	97°
79-78-77	175°	95	95-96-98	179°	111	111-114-113	87°	127	127-128-126	62°
80-81-82	120°	96	96-97-98	90°	112	112-113-120	101°	128	128-127-118	175°

Esta curva de frecuencia es extraordinariamente irregular: seis máximos locales y seis mínimos; por otra parte, todos los máximos y mínimos son extremadamente asimétricos. Es por ello que, a primera vista, puede dar la impre-

GRUPO A

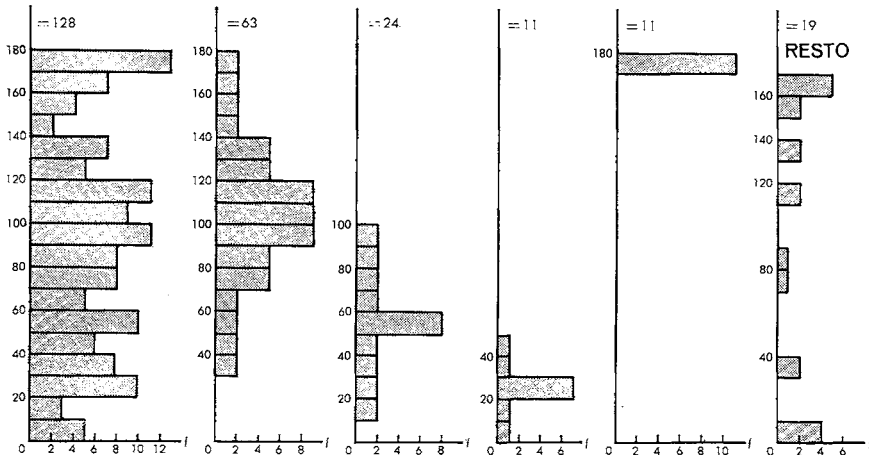


Figura 4

sión de que no existe la posibilidad de obtener de ella los fenómenos primitivos, es decir los grupos de las direcciones de alineaciones dominantes.

Por esa razón se ha aplicado el método del análisis de los máximos, a partir de cuatro diferentes hipótesis iniciales. Para el caso A (fig. 4) se obtendrán cuatro componentes cuyas distribuciones están dadas en las líneas 2, 3, 4 y 5



de la mencionada figura. De acuerdo con la teoría general, estas distribuciones parciales se han supuesto simétricas, monótonas a derecha y a izquierda de su máximo. Se ve que una gran parte de los fenómenos (49 %) está descrita por la primera de estas cuatro distribuciones, en tanto que las otras sólo toman el 19,9 y 9 % respectivamente, quedando un 14 % para el resto no caracterizable. Estas direcciones (máximos de la distribución parcial) están indicadas también en la figura 3 por las flechas provistas de la letra A.

Para el caso B (ver fig. 5) se tienen ahora cinco distribuciones parciales.

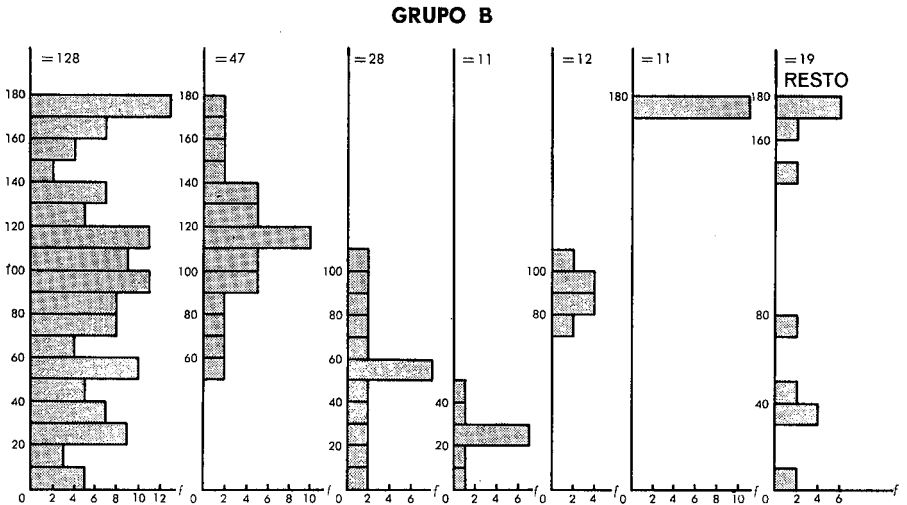


Figura 5

La posición de tres de ellas (segunda, tercera y quinta) coincide con la posición de la segunda, tercera y cuarta distribución parcial del caso precedente. Por el contrario, sus pesos relativos han cambiado un poco: ha aumentado de 19 a 22 para uno de ellos y de 9 a 10 para otro; el peso relativo del tercero, así como el peso relativo del resto, no ha variado. Para los detalles ver el cuadro II.

**Cuadro II**

GRUPO A	49 %	19 %	9 %	9 %	14 %	
GRUPO B	36 %	22 %	9 %	10 %	9 %	14 %
GRUPO C	58 %	10 %	9 %	4 %	19 %	
GRUPO D	56 %	9 %	9 %	11 %	15 %	

Estas cinco direcciones están también indicadas en la figura 3, siempre por las flechas, provistas aquí de la letra B.

Para el caso C (fig. 6) y para el caso D (fig. 7) no encontramos necesario describir los detalles. Esperamos que, de acuerdo con la explicación que aca-

bamos de dar para los casos A y B y con la ayuda del cuadro II, los lectores no encontrarán dificultad en su interpretación.

De ese modo puede reconocerse que las direcciones halladas pueden ser reunidas ya sea en cinco o en cuatro grupos, que se presentan sobre la figu-

**GRUPO C**

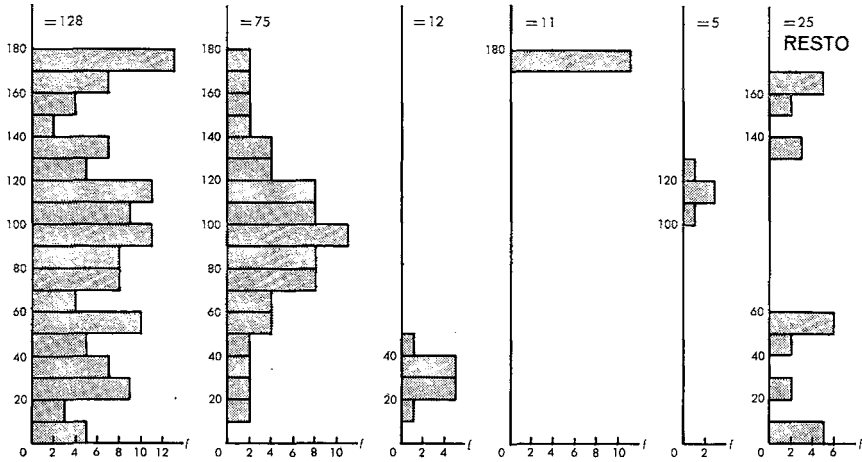


Figura 6

**GRUPO D**

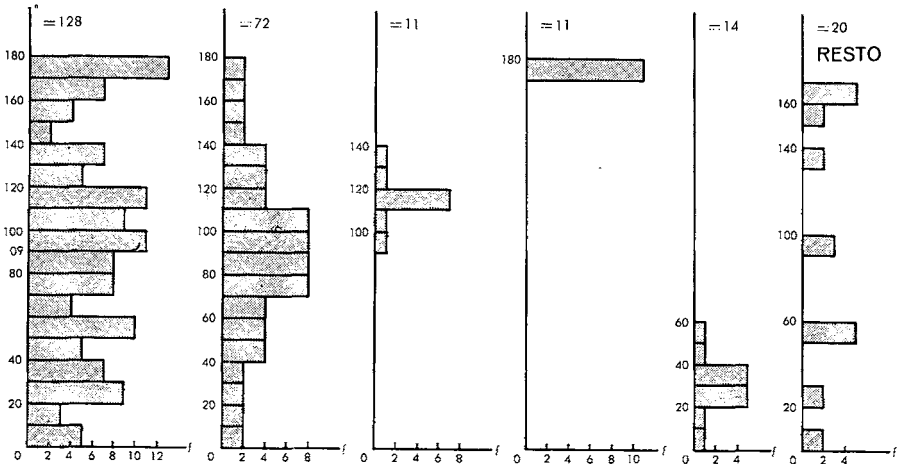


Figura 7

ra 3 indicadas por las flechas situadas encima de la curva de frecuencia. El grupo ubicado a la izquierda está compuesto de la tercera distribución del caso A, de la tercera distribución del caso B, de la segunda del caso C y de la última del caso D. El grupo siguiente reúne solamente dos distribuciones: las

segundas del caso A y del caso B. El grupo ubicado a la derecha está compuesto de las últimas distribuciones de los casos A y B y de las penúltimas distribuciones de los casos C y D.

Hasta aquí todo es muy simple y unívoco. Para las distribuciones cuyos ángulos característicos (posición de los máximos) corresponden a la parte media de la figura 3, existen dos posibilidades de interpretación. Se pueden considerar todas esas distribuciones como pertenecientes a un solo grupo, en cuyo caso el número de grupos se vuelve igual a cuatro (tres definidos antes y este último definido como cuarto). A esta elección corresponde la segunda parte del cuadro III. Por otra parte, puede no tomarse en consideración la flecha A en

Cuadro III

	GRUPOS				PROBABILIDAD MEDIA	ÁNGULO TÍPICO	
	A	B	C	D			
<b>1</b>	9 %	9 %	10 %	14 %	10,5 %	27°	
<b>2</b>	19 %	22 %			10,3 %	55°	
<b>3</b>		10 %	58 %	56 %	31,3 %	91°	
<b>4</b>		36 %		9 %	11,3 %	115°	
<b>5</b>	9 %	9 %	9 %	9 %	9,0 %	175°	
					72,4 %		
<b>1</b>	9 %	9 %	10 %	14 %	10,5 %	27°	
<b>2</b>	19 %	22 %			10,3 %	55°	
<b>3</b>	49 %	$\frac{36+10}{2}$	23 %	$\frac{4+58}{2}$	31 %	$\frac{56+9}{2}$	32,5 %
<b>4</b>	9 %	9 %	9 %	9 %	9,0 %	175°	
					63,7 %		

este grupo de distribuciones parciales, es decir, eliminar el caso A. Lo que resta es fácil de distribuir, como puede verse en la misma figura 3, entre dos grupos, de los cuales uno está constituido por la primera distribución del caso B, la última del caso C y la segunda del caso D, en tanto que el segundo grupo está formado por la cuarta distribución del caso B y las primeras de los casos C y D. De acuerdo con esta manera de considerar las cosas, no tenemos cuatro sino cinco grupos, de los cuales tres son iguales a los del primer reparto y los otros dos corresponden a los que acabamos de describir.

Los pesos relativos de dichos grupos se han presentado en el cuadro III, y las posiciones de los grupos están indicadas siempre en la figura 3 (en su parte superior para el caso de cuatro grupos y en su parte inferior para el caso de

cinco grupos). En la parte más inferior de esa figura, las direcciones medias de esos cinco grupos están representadas como flechas cuya posición corresponde a la posición normal en un mapa geográfico: a saber, con el norte hacia arriba y el sur hacia abajo. Cerca de cada flecha se ven los pesos relativos de los grupos de alineamiento correspondientes a esas direcciones medias.

8. Pasemos, pues, a la interpretación de estos resultados. Volveremos todavía una vez más a la distribución de las direcciones principales en grupos. Como hemos visto en el párrafo precedente, desde el punto de vista estadístico se puede distribuir las direcciones en cuatro o cinco grupos: en efecto, se trata solamente de la cuestión siguiente: ¿las direcciones de la parte media de la figura 3 deben ser tratadas como dos grupos o uno solo? Estas dos posibilidades están indicadas en la parte inferior de la figura 3 por la presencia de dos variantes de dirección (puestas entre corchetes con la indicación «para cuatro grupos» y «para cinco grupos»).

Se ve que desde el punto de vista práctico la diferencia entre esos dos modos de reparto no es ni muy grande ni fácilmente reconocible sobre el mapa geológico; finalmente, se trata de un matiz cuya importancia podría aumentar cuando nuestros conocimientos sean más completos, pero que actualmente quedarán todavía en el dominio de lo indeterminado.

Es por ello que pensamos que no sería práctico considerar cinco grupos en el estado actual de nuestros conocimientos y, habiendo indicado esta posibilidad útil para el futuro, nos mantendremos aquí en el dominio de las interpretaciones para cuatro grupos solamente.

El primer y último grupo, que corresponden a las desviaciones de aproximadamente  $25^\circ$  de un lado y  $5^\circ$  del otro lado de la dirección N-S, representa evidentemente la dirección fundamental N-S de la Cordillera y la desviación de esta dirección fundamental en algunas otras partes.

Las grandes divisorias de agua pasan, en la región del lago Buenos Aires, algo al oeste de nuestra región y por esta razón no se puede esperar una coincidencia completa con nuestros datos; además, las cumbres de todas esas divisorias no han sido tomadas en nuestros cálculos. Pero a pesar de ello, la dirección general de esa divisoria, es decir, la línea definida por el cerro Hudson (2.660 m), el cerro San Valentín (4.058 m) y el cerro Arenales (3.437 m) (que son tres puntos característicos de esa divisoria), está por su dirección, muy próxima a  $25-27^\circ$  de acuerdo con nuestra figura.

Además, la divisoria secundaria, que corresponde a la frontera argentino-chilena al sur del lago Buenos Aires, coincide también aproximadamente con esta dirección. Esto corresponde al primer grupo de nuestra figura.

Las direcciones correspondientes al último grupo de nuestra figura (la segunda dirección cordillerana) determina muchas pequeñas divisorias, por ejemplo, la de la frontera argentino-chilena al norte del lago Buenos Aires.

No pensamos que haya muchas razones para dar más ejemplos de estos dos grupos de direcciones, correspondientes a la dirección general de la Cordillera. Finalmente, nadie se opondrá a la afirmación (formulada en la fig. 3)

de que esa dirección general oscila entre las direcciones de  $25^\circ$  hacia un lado y  $5^\circ$  hacia el otro lado de la dirección tomada como referencia, o está compuesta de diferentes subdirecciones que se encuentran en ese intervalo. No olvidemos que se trata, no de toda la parte sur de la Cordillera, sino de la región del lago Buenos Aires, definida como se ha hecho más arriba en el párrafo 4.

9. Volveremos, pues, a los otros dos grupos de direcciones. Como se ve, siempre en la misma figura 3, estas dos direcciones son más bien perpendiculares a la dirección fundamental de la Cordillera y descrita por dos subdirecciones que se desvían de la dirección oeste-este, una a  $35^\circ$  al norte y la otra a  $10^\circ$  al sur.

Sin decir que la existencia de dos direcciones no completamente perpendiculares a la dirección dorsal de la Cordillera ha sido supuesta por varios autores, se pueden dar muchos ejemplos locales que sostienen esta definición numérica de dichas direcciones tectónicas secundarias.

A la primera de esas dos subdirecciones corresponden, por ejemplo, las formas geológicas y geomorfológicas siguientes:

1) La dirección de la parte chilena del lago Buenos Aires (no se debe olvidar que esa dirección no entra en los datos tomados en consideración para la construcción de la figura 3, porque sólo se han tomado las posiciones y, por consecuencia, las direcciones de alineamiento de las cumbres; así que es una prueba independiente);

2) La posición del grupo de lagos al sur de nuestra región (Pueyredón, Posadas, Ghio y Salitroso);

3) El lago Cochrane (en el cual el ángulo que define su dirección es algo menor que los números dados por nuestra figura, sin embargo los datos geológicos pueden permitirnos mejorar este resultado);

4) La posición de los depósitos glacialacustres al sur del lago Buenos Aires, de los que ya hemos hablado más arriba. Aquí, el ángulo que define su dirección es un poco mayor que el dado por nuestros resultados;

5) La dirección de escurrimiento en la gran región basáltica al sur del lago Buenos Aires, etc.

Es natural que esta pequeña lista esté muy lejos de ser completa, y esperamos, en nuestros próximos trabajos, volver sobre este problema y proporcionar otros ejemplos.

Ahora nos ocuparemos de la otra dirección tectónica secundaria. Esta dirección — ver figura 3 — está caracterizada por la desviación de  $10^\circ$  al sur de la dirección oeste-este. Para ella se pueden dar los ejemplos siguientes:

1) La parte argentina del lago Buenos Aires, así como los depósitos glaciares que la contornean;

2) Las líneas de escurrimiento en el gran dominio basáltico al sur del lago Buenos Aires, del que ya hemos hablado;

3) La posición de la cuenca glaciar lacustre al norte del lago Buenos Aires, así como,

4) La posición de muchos valles y divisorias de agua secundarias; etc.

El número de estos últimos ejemplos también puede ser aumentado, y a ellos pensamos volver en otra parte.

En todos los ejemplos citados hemos evitado, deliberadamente, el problema de las cumbres. Es evidente que dar las direcciones de los grupos de cumbres significaría querer probar un hecho por el hecho mismo: ya han sido utilizadas para construir la figura y llegar a la determinación de las direcciones tectónicas.

Sin embargo, la dirección de los grupos de cumbres, por principio mismo, no puede estar en contradicción con nuestros resultados y puede ser utilizada para ilustrarlos. Esto se ha realizado en el mapa de la figura 2, donde las direcciones de alineamiento generales eventuales están provisoriamente trazadas.

Antes de terminar nos permitimos todavía mencionar que en otro trabajo geomorfológico sobre el río Colorado (2) hemos descubierto las direcciones tectónicas secundarias más o menos perpendiculares a la dirección dorsal de la Cordillera. Sin embargo, no se debe olvidar que la región del tramo superior del río Colorado en la Cordillera está bastante alejada de la región estudiada aquí, y que no se debe esperar una coincidencia demasiado notable.

Así, nuestros resultados pueden ser formulados brevemente como la prueba provisoria de la existencia, en la región del lago Buenos Aires, de cuatro direcciones tectónicas determinadas por los ángulos de 27, 55, 100 y 175° medidos a partir de la dirección N-S: la primera y última corresponden a la línea tectónica dorsal de la Cordillera, y la segunda y tercera a las líneas tectónicas secundarias. Pensamos que el método aquí desarrollado, ya bien confirmado en otros casos, así como el ejemplo citado más arriba, dan a nuestra determinación — aunque provisoria — bastante seguridad. Esperamos que los resultados futuros la aprueben.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

1. MATSCHINSKI, M.: *Sur le problème «d'alignement» de données apparemment dispersées*. Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, t. 254, p. 806-808. París, 1962.
2. MATSCHINSKI, M., y CALMELS, A. P.: *Algunas investigaciones geomorfológicas sobre el río Colorado*. XXVIII Semana de Geografía. Tucumán, 1966.
3. MATSCHINSKI, M.: *Introducción a los problemas estadísticos de las ciencias de la Tierra*. Trad. española de A. P. Calmels. 304 pp. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, 1966.
4. MATSCHINSKI, M.: *Sur les moyennes-tenseurs et sur leur application*. Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, t. 239, p. 1457. París, 1954.