

Ars. Pharm., II, (n.º 4-5), 1961

Estudio de algunas peridotitas y serpentinitas de la serranía de Ronda

por

A. HOYOS Y M. GONZALEZ

La Serranía de Ronda está formada por el conjunto de sierras situado entre las latitudes $36^{\circ} 17'$ y $36^{\circ} 57' 30''$ y entre las longitudes $0^{\circ} 52'$ y $1^{\circ} 36'$ Oeste del Meridiano de Madrid.

Las masas peridotíticas que constituyen gran parte de la Serranía se acusan por los colores rojizos o pardos, mayor redondeamiento de las cumbres y vegetación escasa.

Las citas antiguas acerca de la existencia de peridotitas y serpentinitas en dicha Serranía están recogidas en la magnífica monografía de Orueta (1). Este autor afirma que existen peridotitas y que las serpentinitas son derivadas de ellas y a su vez pueden sufrir una alteración. La masa no podría ser en su totalidad serpentinita pues se habrían producido grandes efectos metamórficos que no se encuentran en la Serranía. Indica que la confusión de otros autores, entre ellos Alvarez de Linera (2), es debida a la fácil transformación de la peridotita en serpentinita por los agentes atmosféricos que puede llegar a formar una costra de serpentinita de hasta un metro de espesor.

En la Serranía de Ronda existe una asociación de peridotita-serpentinita, cosa muy frecuente. No cabe además duda alguna acerca de que los minerales de la serpentinita se producen por alteración de olivino y enstatita, ya que se han encontrado muchos grados de transformación de peridotitas a serpentinitas y en muchas de estas existen granos relictos y también olivino y piroxenos sin alterar o pseudomorfosis reconocibles de serpentinita según estos minerales.

Rigault (3) describe una peridotita que contiene 61,5 por 100 de olivino, 33,8 por 100 de enstatita y 4,7 por 100 de diópsido con pequeña cantidad de magnetita. Se produce la serpentinitización y la enstatita se convierte en bastita. La serpentinita es muy compacta y contiene poco olivino y algunos granos de magnetita secundaria. El reemplazamiento de olivino por serpen-

tinita lo pone de manifiesto Bautsch (4) que indica es anterior a la formación de actinolita. Formación de crisolito y antigorita por serpentización, la describen Gees (5) en Suiza y Ygi (6) que indica la formación de un anfíbol incoloro, tremolita, con probable relación genética con la serpentinita o proceso de serpentización.

Fenoglio (7) encuentra todos los grados de transformación del olivino en serpentina con inclusiones residuales abundantes de olivino y piroxenos.

Los datos químicos y petrográficos necesarios para una teoría satisfactoria de la serpentización han sido expuestos por Benson (8) Hess (9) y Turner (10).

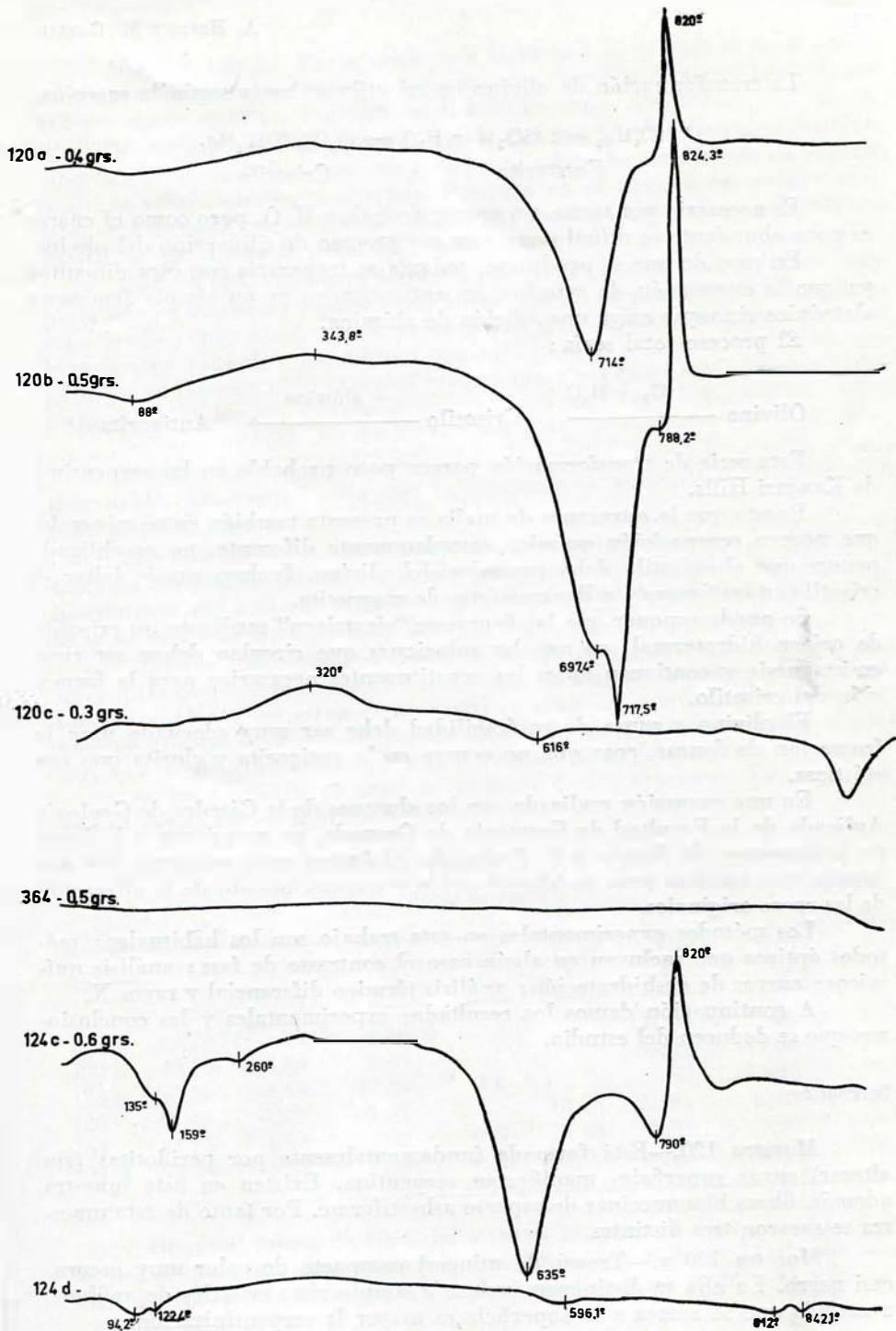
Si nos referimos a la localización de la serpentización hay que tener en cuenta que en ningún caso la distribución de la serpentinita en la masa de peridotitas está relacionada con la topografía o el nivel de agua subterránea. Aparece pues claro que la serpentización no es un proceso relacionado con la alteración atmosférica. En lo que respecta a la distribución de la serpentinita en relación a la configuración de la masa intrusiva hay diferencias de opinión. Así Hess (9) indica que "la serpentización en la mayor parte de los casos está o bien distribuida por igual en la masa de peridotita o bien al azar pero no relacionada con los márgenes de la intrusión, si bien en algunos pocos casos la serpentización aumenta desde el centro hacia afuera". Otros autores (8, 11), opinan sin embargo que esta última posibilidad es más abundante de lo que indica Hess. En su conjunto las relaciones de serpentinita a peridotita en el espacio, parecen igualmente compatibles con un mecanismo de serpentización que implique agua interna (magmática) o externa.

La serpentización del olivino, al menos en su primer grado, se presenta en una gran variedad de rocas plutónicas y volcánicas. En estos casos se cree que el proceso se ha producido por soluciones acuosas magmáticas que actúan sobre la roca todavía caliente. La serpentización de los olivinos magnésicos de rocas metamórficas se ha debido producir a temperaturas no superiores a unos cientos de grados.

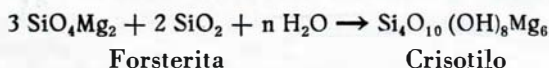
No podemos entrar a considerar las teorías que existen acerca de la serpentización ni del origen de las venas de asbesto. En parte está publicado en un trabajo de uno de nosotros y Rodríguez (15). Sin embargo resulta interesante dar a conocer algunas opiniones acerca de la alterabilidad del olivino.

Las experiencias de Yoder (12) han demostrado que la serpentización del olivino es difícil de conseguir en condiciones hidrotermales. Para estas condiciones, si existe la composición propia de los minerales serpentínicos, se producen también, durante la cristalización, cristales de forsterita. La formación de olivino al mismo tiempo que la de minerales serpentínicos, se debe, según Yoder a una pérdida local de sílice.

V. Marmo (13) indica que las serpentinas de Kangari Hills en el centro de Sierra Leona están formadas principalmente por antigorita y pueden contener también bastante tremolita y pequeños granos de olivino con estructura de malla. La masa principal está constituida invariablemente por antigorita, y los contactos entre crisotilo y antigorita, y entre crisotilo y olivino son muy definidos.



La transformación de olivino en crisotilo se haría según la reacción :



Es necesario por tanto, un aporte de SiO_2 y H_2O , pero como el cuarzo es poco abundante es difícil pensar en ese proceso de silificación del olivino.

En caso de que se produjese, todavía se tropezaría con otra dificultad ya que la conversión de crisolito en antigorita no es un simple fenómeno alotrópico sino que exige una adición de alúmina.

El proceso total sería :



Esta serie de transformación parece poco probable en las serpentinas de Kangari Hills.

Puesto que la estructura de malla se presenta también entre minerales que poseen composición química completamente diferente, no es obligado pensar que el crisotilo deba proceder del olivino. Incluso puede faltar el crisotilo en las fisuras y rellenarse éstas de magnetita.

Se puede suponer que las fisuras se "cicatrizan" mediante un crisotilo de origen hidrotermal, ya que las soluciones que circulan deben ser ricas en magnesio y contienen todos los constituyentes necesarios para la formación del crisotilo.

El olivino a causa de su fragilidad debe ser muy adecuado para la formación de fisuras, cosa que no ocurre en la antigorita y clorita que son elásticas.

En una excursión realizada con los alumnos de la Cátedra de Geología Aplicada de la Facultad de Farmacia de Granada, se recogieron a lo largo de la carretera de Ronda a S. Pedro de Alcántara unas muestras que nos propusimos estudiar para su identificación y reconocimiento de la alteración de las rocas originales.

Los métodos experimentales en este trabajo son los habituales : métodos ópticos que incluyen en algún caso el contraste de fase; análisis químicos; curvas de deshidratación; análisis térmico diferencial y rayos X.

A continuación damos los resultados experimentales y las conclusiones que se deducen del estudio.

Descripción:

Muestra 120.—Está formada fundamentalmente por peridotitas (sin alterar) cuyas superficies manifiestan serpentina. Existen en esta muestra además, fibras blanquecinas de aspecto asbestiforme. Por tanto de esta muestra se sacaron tres distintas.

Muestra 120 a.—Trozos de mineral compacto de color muy oscuro, casi negro. En ella se distinguen incluso a simple vista cristales de anfíbol; a medida que se acerca a la superficie es mayor la serpentización.

Muestra 120 b.—Parte verde que impregna la superficie de la muestra. Según los trozos de muestra presenta un color más o menos intenso, con brillo y suave al tacto. Presenta un hábito en capas fibrosas.

Muestra 120 c.—Constituída por los trozos fibrosos de color blanquecino que presenta la muestra. Su aspecto es asbestiforme aunque en algunos trozos se muestra bastante alterada. Presenta en su interior los mismos cristales algo dorados que se encontraban en la muestra 120 a. Para los distintos análisis se tomó sólo la parte blanca fibrosa.

Muestra 124.—Muestra formada por cuatro zonas. Una negruzca compacta que no vamos a estudiar y que tiene aspecto de peridotita (124 a). Otra capa verdosa que constituye la muestra 124 c. A continuación otra de color blanquecino (124 d) y por último una rojo-parduzca compacta (124 b), que tiene en su interior unos cristales blanquecinos verdosos más o menos transformados y de aspecto fibroso.

Se van a estudiar las muestras 124 c y d.

Muestra 124 c.—Zona verde clara sin brillo. Untuosa al tacto y muy deleznable. En comparación con la siguiente se extiende en una capa de muy pequeño espesor.

Muestra 124 d.—Capa blanquecina, más abundante que las demás. Es también deleznable. Mirada a la lupa se ve que está formada por fibras asbestiformes que a simple vista no se perciben mientras que en la zona verdosa se ve una más alta cristalización.

Muestra 364.—Muestra constituida toda ella por trozos asbestiformes, fibras blanquecinas muy bien formadas que en algunas zonas están más transformadas. (Estas muestran ya un matiz verdoso en su color). Presentan también en algunos lugares unos puntos negros de un mineral de hierro al parecer, que se procurará evitar para la preparación de la muestra.

Se ha realizado el análisis químico de las muestras. Los resultados vienen expuestos en la tabla adjunta.

TABLE 1
Tabla de análisis

Muestra	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	H ₂ O %	Total %
120 a	39,79 %	4,85 %	4,58 %			37,05 %	13,05 %	99,32
120 b	40,29	4,80	5,62			35,42	13,59	99,72
124 c	38,36	3,46	13,86	0,2		28,53	15,13	99,44
120 c	55,41	4,03	3,31	—	10,75	21,81	5,12	100,25
364	55,65	4,51	1,42	0,08	11,84	22,21	2,90	98,71
124 d	52,39	2,25	3,49	0,22	23,00	16,52	2,11	99,98

Desde el punto de vista del análisis químico se diferencian netamente dos grupos; por una parte las muestras 120 a, 120 b y 124 c con mayor cantidad de H₂O. Estas características conducen en parte a la conclusión

TABLA 2
Tabla de milimoles

Mues- tra	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	H ₂ O
120 a	663	30,3	44,9	—	—	918,9	725,0
120 b	671,5	30,0	55,0	—	—	878,4	755,0
124 c	923,5	25,1	32,4	—	188,9	540,9	284,4
120 c	927,5	28,1	13,9	1	211,4	553,3	161,1
364	637,6	21,6	135,8	2,5	—	707,5	840,5
124 d	873,1	14,0	34,2	2,7	410,7	409,7	117,2

de que deben estar constituidas fundamentalmente por serpentina, si bien la cantidad de MgO es un poco baja, sobre todo en la 124 c.

Las otras tres muestras presentan una mayor cantidad de SiO₂, gran cantidad de CaO y menor cantidad MgO y H₂O. Esto último parece excluir casi totalmente la presencia de serpentina.

Como se ha hecho en el caso de las muestras de Mijas (14), antes de efectuar los cálculos basados en el análisis químico se pueden considerar las curvas de deshidratación, cuyos valores vienen expresados en la tabla 3 y gráficamente en la figura 1.

TABLA 3
Curvas de deshidratación

T°	120 a	120 b	120 c	364	124 c	124 d
100°	1,35 %	0,85 %	0,82 %	0,16 %	1,95 %	0,87 %
200°	2,12	1,42	1,69	0,38	5,46	1,05
300°	2,71	1,67	1,90	0,46	4,79	1,12
400°	3,34	2,12	2,08	0,52	6,05	1,33
500°	5,05	4,70	2,77	0,77	8,33	1,55
600°	11,42	12,11	3,12	0,84	12,32	1,76
700°	12,53	13,21	3,34	0,85	14,46	1,90
800°	12,86	13,43	3,31	1,08	15,00	2,10
900°	13,05	13,59	5,12	2,90	15,13	2,11

Se ve también aquí la analogía entre las tres muestras citadas en primer lugar por una parte, y su diferencia con las otras tres que presentan cierta analogía. Las curvas de las primeras muestras presentan una analogía marcada con las de las serpentinas de Mijas.

Para el cálculo a partir del análisis químico podemos seguir análogos métodos que en el caso de las muestras de Mijas (14).

Método I.—Para las muestras que suponemos serpentina; dado el defecto de MgO podemos añadir a los milimoles de MgO el Al_2O_3 y Fe_2O o bien con otra alternativa, sólo el Al_2O_3 .

Los resultados son los siguientes:

Muestra 120 a

	Milimoles			%			
	SiO_2	MgO	H_2O	H_2O	Serpentina	SiO_2	Fe_2O_3
Con Al_2O_3 y Fe_2O_3							
Serpentina	662,7	994,1	662,7	1,12	98,20		
Solo con Al_2O_3							
Serpentina	642,5	963,8	642,5	1,48	91,78	1,21	4,85

Muestra 120 b

	Milimoles			%			
	SiO_2	MgO	H_2O	H_2O	Serpentina	SiO_2	Fe_2O_3
Con Al_2O_3 y Fe_2O_3							
Serpentina	642,2	963,4	642,2	2,03	95,93	1,76	
Solo con Al_2O_3							
Serpentina	622,3	933,4	622,3	2,39	89,58	2,95	4,80

Muestra 124 c

	Milimoles			%			
	SiO_2	MgO	H_2O	H_2O	Serpentina	SiO_2	Fe_2O_3
Con Al_2O_3 y Fe_2O_3							
Serpentina	576,6	864,9	576,6	4,75	90,83	3,66	
Solo con Al_2O_3							
Serpentina	562,2	843,3	562,2	5,01	86,07	4,52	3,64

Si suponemos que el H_2O sobrante es de adsorción, teniendo en cuenta las curvas de deshidratación, las temperaturas a las que se perdería dicho agua para las muestras con y sin Fe_2O_3 son las siguientes:

Muestra	120 a		120 b		124 c	
Temperaturas	250°	310°	505°	515°	440°	450°

no muy superiores, excepto para la 120 b a las que cabría esperar.

De la cantidad de SiO_2 que queda libre según estos cálculos se puede pensar que las muestras que son más serpentinas son 120 a y 120 b, mientras que en la 124 c debe existir también otro mineral.

Para las muestras 120 c y 364 el cálculo puede realizarse suponiendo la existencia de un anfíbol cálcico magnésico.

La fórmula de dicho anfíbol sería $\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2(\text{Mg}, \text{Ca})_7$ y calculado de este modo tendríamos:

Muestra 120 c

	Milimoles			%				
	SiO ₂	MgO + CaO	H ₂ O	H ₂ O	Anfíbol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Anfíbol	834,1	729,8	104,2	3,24	84,31	5,36	3,31	4,03

Muestra 364

	Milimoles			%				
	SiO ₂	MgO + CaO	H ₂ O	H ₂ O	Anfíbol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Anfíbol	873,9	764,7	109,2	0,93	88,60	3,22	1,42	4,51

El mismo cálculo efectuado para la muestra 124 d exige que en este caso todo CaO y MgO se reunan y por otra parte SiO₂, Fe₂O₃ y Al₂O₃. Calculado de este modo tendríamos:

	Milimoles			%
	SiO ₂ + (Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	MgO + CaO	H ₂ O	Anfíbol
Anfíbol	937,6	820,4	117,2	99,76

Faltan de SiO₂ + Fe₂O₃ + Al₂O₃ 18,5 milimoles. Esta manera de calcular utiliza todo el agua lo que no parece muy correcto.

Calculado de nuevo el exceso de agua como agua adsorbida y las temperaturas a que se perdería teniendo en cuenta las curvas de deshidratación, obtenemos:

Muestra	120 c	364
Temperatura	830°	810°

en buena concordancia con la temperatura a la que pierden el agua los anfíboles.

Método II.—En este método suponemos en cada caso los minerales más probables y se establecen las ecuaciones correspondientes.

Para las muestras 120 a y 120 b los minerales más probables son: anfíbol magnésico y serpentina. Las ecuaciones correspondientes serán:

$$\text{Para SiO}_2: 8x + 2y = \text{cantidad de SiO}_2$$

$$\text{Para MgO}: 7x + 3y = \text{cantidad de MgO}$$

Teniendo en cuenta estas ecuaciones se encuentra

Muestra 120 a

	Milimoles			%		
	SiO ₂	MgO	H ₂ O	Anfibol	Serpentina	H ₂ O
Anfibol	121	105,8	15,1	11,78	75,07	3,02
Serpentina	542	813	542			

Muestra 120 b

Anfibol	206,2	180,4	25,8	20,13	64,46	4,75
Serpentina	465,4	698,1	465,4			

Para las muestras 120 c y 364 el mineral más probable y seguramente único en proporción importante es un anfíbol cálcico magnésico y para éste ya se ha realizado el cálculo.

En el caso de la muestra 124 d dada la cantidad de agua, magnesio, calcio y sílice los minerales más probables son diópsido y anfíbol.

$$\text{Para SiO}_2 \quad 8x + y = \text{cantidad de SiO}_2$$

$$\text{Para (MgO + CaO)} \quad 7x + y = \text{cantidad de MgO + CaO}$$

Aplicando estas ecuaciones se tiene

	Milimoles			%		
	SiO ₂	MgO + CaO	H ₂ O	H ₂ O	Anfibol	Diópsido
Diópsido	451,5	451,5				
Anfibol	421,6	368,9	52,7	1,16	48,8	44,0

Para el cálculo de los tantos por ciento de anfíbol y diópsido, se ha supuesto que en las fórmulas respectivas las cantidades de MgO y CaO son iguales en átomos y se ha calculado de este modo el peso molecular.

El H₂O supuesta de adsorción, se perdería hasta una temperatura de unos 780°, de nuevo en buena concordancia con la temperatura de deshidratación de anfíboles, rebajada en parte por la presencia de piroxenos.

Método III.—Siguiendo el mismo método de cálculo empleado en las muestras de Mijas se tienen los siguientes valores para los números de átomos:

TABLA 4
Número de átomos

Muestras	Si	Al	Fe	Ca	Mg	H	O	Quitada el H ₂ O H	O
120a	0,664	0,090	0,061		0,919	1,461	3,194	1,347	3,131
120b	0,672	0,110	0,060		0,858	1,514	3,231	1,284	3,118
120c	0,925	0,064	0,050	0,188	0,541	0,573	3,032	0,210	2,853
364	0,927	0,028	0,056	0,211	0,553	0,322	2,913	0,218	2,861
124c	0,638	0,271	0,043		0,708	1,094	3,299	1,153	3,035
124d	0,873	0,068	0,028	0,411	0,410	0,234	2,896	0,118	2,831

A partir de estos valores y según los minerales que juzgamos presentes se calculan los números de átomos para O = 9; O = 24; H = 4; H = 2, quitando y sin quitar el H O, Vienen expresados en las tablas :

TABLA 5
Número de átomos para O = 9 y O = 24

Muestras	Si	Al	Fe	Ca	Mg	H	O	O con H ₂ O Cargas positivas
120a	1,870	0,253	0,172		2,589	4,116	9	13,933
120b	1,871	0,306	0,167		2,389	4,216	9	13,681
120c	7,322	0,506	0,396	1,488	4,282	4,535	24	43,534
364	7,636	0,231	0,461	1,738	4,556	2,652	24	45,298
124c	1,740	0,739	0,117		1,931	2,984	9	13,390
124d	4,236	0,563	0,232	3,406	3,398	1,939	24	38,516

TABLA 6
Número de átomos para O = 9 y O = 24

Muestras	Si	Al	Fe	Ca	M	H	O	O sin H ₂ O Cargas positivas
120a	1,908	0,259	0,175		2,641	3,871	9	14,216
120b	1,939	0,317	0,173		2,476	3,705	9	14,178
120c	7,781	0,538	0,421	1,581	4,551	1,766	24	46,265
364	7,775	0,235	0,470	1,770	4,638	1,828	24	46,031
124c	1,891	0,803	0,127		2,099	3,418	9	15,386
124d	7,402	0,576	0,237	3,484	3,475	1,000	24	39,381

TABLA 7
Número de átomos para H = 4 y H = 2

Muestras	Si	Al	Fe	Ca	Mg	H	O	H con H ₂ O Cargas positivas
120a	1,818	0,246	0,167		2,516	4	8,745	13,543
120b	1,775	0,290	1,058		2,267	4	8,536	12,978
120c	3,229	0,223	0,174	0,656	1,888	2	5,829	19,195
364	5,757	0,174	0,347	1,310	3,435	2	18,093	34,081
124c	2,332	0,991	0,157		2,588	4	12,061	

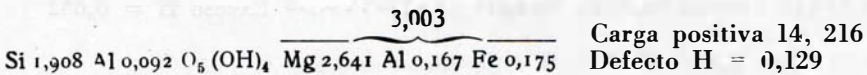
TABLA 8
Número de átomos para H = 4 y H = 2

Muestras	Si	Al	Fe	Ca	Mg	H	O	H sin H ₂ O Carga positiva
120a	1,971	0,267	0,181		2,729	4	9,296	14,686
120b	2,093	0,343	0,187		2,673	4	9,712	14,936
120c	8,810	0,609	0,476	1,790	5,152	2	27,172	52,379
364	8,504	0,257	0,514	1,936	5,073	2	26,246	50,347
124c	2,213	0,940	0,149		2,456	4	10,528	17,031

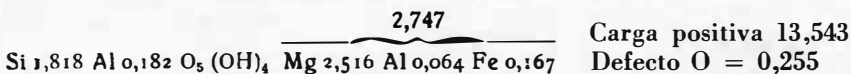
Para la muestra 120a, sin quitar el agua y O = 9 la fórmula del mineral sería :



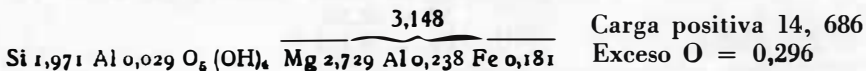
Quitando el H₂O sería :



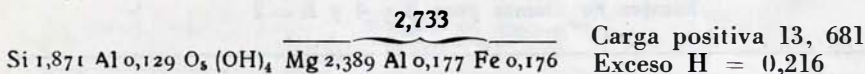
Haciendo el H = 4 sin quitar el H₂O



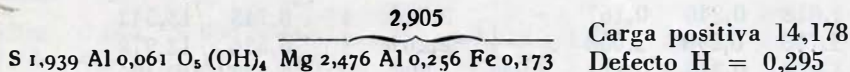
Quitando el H O



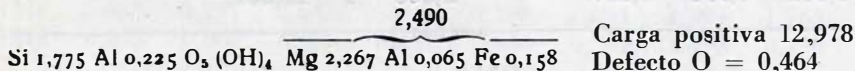
Para la muestra 120 b, sin quitar el H₂O y O = 9, la fórmula sería :



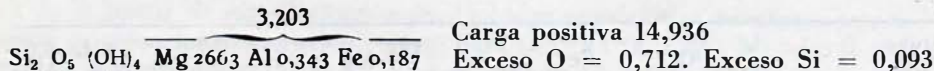
Quitando el H₂O



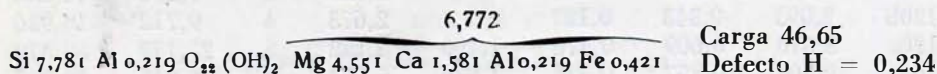
Haciendo H = 4 sin quitar el H₂O



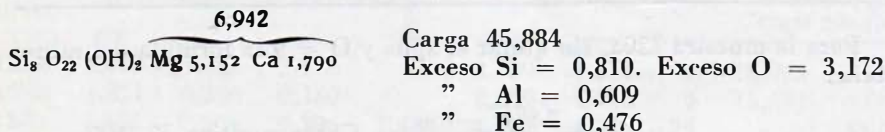
Quitando el H₂O



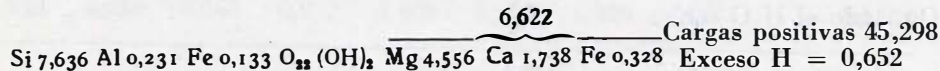
Para la muestra 120 c, O = 24 sin H₂O



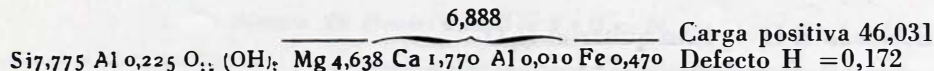
Para H = 2 quitando el H₂O



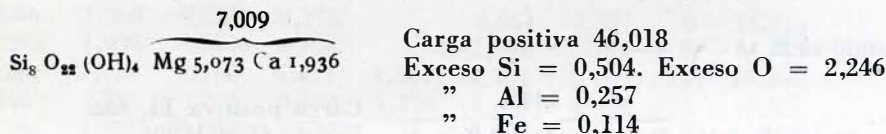
Para la muestra 364, O = 24 con H₂O



Sin H₂O, O = 2,4



Para H = 4 sin H₂O



Resulta interesante comparar estos resultados con los obtenidos por otros métodos.

El estudio óptico de las muestra da los resultados siguiente: Muestra 120 a. Contiene 30 % serpentina, 40 % de anfíbol y 20 % de olivino. También algo de vermiculita y magnetita en cantidades inferiores al 1 %.

La diferencia de este resultado con el del análisis químico puede deberse a la toma de muestra para este último. Parece de todos modos que puede preverse la existencia de anfíbol aunque no en tanta cantidad como indica el análisis óptico.

Muestra 120 b.—Bien separada debe ser todo serpentina. Si no, tendría algo de anfíbol y olivino.

Muestra 120 c.—Asbesto fibroso, en parte cintiforme, Biáxico con $2v > 80^\circ$. Es un caso de anfíbol por sus constantes ópticas.

Muestra 364.—Anfíbol.

Muestra 124 c.—Difícil de estudiar por ser un polvo. El mineral más abundante parece serpentina.

Como puede verse, estos datos coinciden bastante bien con los deducidos del análisis químico.

El a. t. d. viene expresado en las curvas. (Fig. 2). Se puede ver que las muestras 120 a y 120 b son serpentina, en mayor cantidad en esta última a juzgar por la magnitud de los picos. En la 120 b puede haber quizás también algo de asbestos por la dualidad del pico endotérmico (Delgado) (16).

En cuanto a la 124 c tiene también aspecto de serpentina, pero la presencia de los picos endotérmicos de baja temperatura, así como el de 790° y el que el endotérmico más fuerte se presente a temperaturas inferiores habla de la posibilidad de existencia de clorita o vermiculita.

Las muestras 120 c, 364 y 124 d se comportan como anfíboles o piroxenos.

El a. t. d. conduce, pues, a los mismos resultados que los otros métodos.

En la tabla adjunta condensamos las temperaturas a las que se presentan los diferentes picos:

TABLA 8

Resumen de los picos de A. T. D.

Muestra	Cantidad	Sensibilidad	Exotérmicos		Endotérmicos				
120a	0,4	8=0,1	320-	820 ⁿ ++			714++		
120b	0,5	8=0,1	343,8-	824,3 ^o +++			697,4	717,5+++ 788,2-	
124c	0,6	8=0,1	320-	820++	135-	159+	260-	635++ 790 ⁺	
120c	0,3	8=0,1	320-					616-	
364	0,5	4=0,1	sin picos						
124d	0,5	8=0,1			94,2	122,4 ^o -	596,1 ^o	812-	842,1-

Las características de la serpentina son el endotérmico a unos 700° y el exotérmico a 820°; ya hemos indicado que las muestras 120 a y 120 b son las que se presentan como más serpentinas y las 124 c debe tener algún otro mineral.

Nos queda por considerar los resultados de rayos X.

A continuación damos la tabla de valores obtenidos en los diagramas de polvo, resumiendo en la tabla 10 las líneas más características.

TABLA 10

120 a		120 b		124 c		120 c		364		124 d	
d	I	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I
				14,7	10						
						8,73	10d	8,73	10		
7,29	10	7,29	10	7,29	9	4,85	2	4,85	2		
4,58	5	4,57	6	4,57	9,5	4,52	2	4,52	2		
3,65	9	3,61	9	3,61	8						
						3,38	4	3,38	4		
						3,25	3	3,25	3		
										3,21	3
						3,11	6	3,11	4		
				3,00	2					2,97	10
						2,93	3	2,93	3	2,93	3
										2,87	3
						2,71	10	2,69	10		
		2,64	2	2,64	7	2,59	3	2,59	3		
				2,56	8 dif						
						2,53	9	2,53	9		
										2,51	9
2,49	8	2,48	7								
		2,43	8								
				2,39	8						
						2,32	3	2,32	3		
										2,29	2
						2,27	2 dif	2,27	2 dif		
						2,16	4	2,16	3		
2,14	4	2,13	4								
										1,75	3
1,78	2	1,78	2								
		1,73	4	1,73	2					1,62	8
						1,58	3	1,58	3		
1,53	5	1,54	8	1,54	10						
1,50	4	1,50	6	1,50	5	1,51	4	1,51	4	1,50	3
						1,43	2	1,43	2	1,42	3
1,30	1	1,30	5	1,32	3 dif					1,28	4

Si se comparan estos resultados con los de las muestras de Mijas, se ve que las muestras 120 a y 120 b son serpentinas, quizás en algo mayor proporción la 120 b, por la intensidad de las rayas.

La muestra 124 c tiene que tener otro mineral dada la fuerte reflexión a 14,7 Å. Se podría pensar en la presencia de clorita con los órdenes de reflexión basales de análoga intensidad. Sin embargo el a. t. d. indica la presencia de vermiculita y quizás serpentina; una mezcla de este tipo daría análogas reflexiones. El calentamiento a 500 y rodaje de nuevo, puede dilucidar las cosas, a menos de que existan los tres minerales.. El calentamiento a 500° durante media hora no hace más que en todo caso debilitar el diagrama, por lo que parece lógico deducir la presencia de clorita, pudiendo existir al mismo tiempo algo de serpentina. Por otra parte, con $Cl NH$, no da ninguna línea a 17 que correspondería a vermiculita. Sin embargo la existencia de una línea débil a 8,38 pudiera indicar un segundo orden de vermiculita en pequeña cantidad.

Para las muestras 120 c y 364, las líneas 8,73; 3,11 y 2,71 indican la abundante presencia de tremolita o anfíbol análogo. Quizás la línea fuerte a 2,53 pudiera suponer algo de piroxeno, de tipo diópsido, pero no es muy claro. En cuanto a la 124 d no se acusan prácticamente más que las líneas de diópsido, aunque el análisis químico e incluso el a. t. d. parecen indicar la existencia de anfíbol, en cantidad apreciable. Claro es que en el cálculo químico se puede suponer un proceso del modo siguiente :

Milimoles	
	SiO_2
	$CaO + MgO + Al_2 O_3 + Fe_2 O_3 + TiO_2$
Piroxeno	373,1
	871,3



Microfotografía con contraste de fase con luz polarizada de 1,350 Å.

El H_2O sería toda de adsorción, lo que está bastante de acuerdo con la marcha de la curva de deshidratación.

La figura 3 permite reconocer el anfíbol de la muestra 364 con contraste de fase. El índice de refracción y la composición química indican que debe ser grammatita con tendencia a actinolita.

Conclusión

Las rocas estudiadas de la Serranía de Ronda presentan bastante diversidad. Algunas están constituidas por peridotitas serpentinizadas en las que existen serpentinas, anfíbol y restos de olivino. La alteración produce clorita y quizás vermiculita, seguramente a expensas de la serpentina. Otras muestras son anfíboles o diópsido formados en proceso asociado a la serpentización. Esta parece ser menos acusada en el núcleo central del macizo peridotítico que en sus bordes, por ejemplo en la sierra de Mijas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ORUETA D. DE.—*Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda*. Memorias del Instituto Geológico de España. Madrid 1917.
- 2.—ALVAREZ DE LINERA, A.—*Reseña geognóstica y minera de la provincia de Málaga*. Sociedad malagueña de Ciencias. 1912.
- 3.—RICAULT, G.—*The massive peridotite serpentine of Germagnano in the Val di Lanzo*. Periodico mineral. 27, 247-64, 1958.
- 4.—BARTSCH, H. J.—*Genesis of the asbestos of Kletigshammen*. Geologie. 5, 149-58-1959.
- 5.—GEES, R. A.—*Contribution to the ophiolite problem, discussed on some examples of the Klosters Davos Region*. Schweiz. Min. Petrog. Mitt. 36, 454-58, 1959.
- 6.—YGI, S.—*The relation between amphibolite and serpentinite from Horokamai and its vicinity*. Hokkaido Chishitsugaku Zasshi. 65, 173-80, 1959.
- 7.—FENOGLIO, M.—*The peridotite-serpentine massive of Castellamonte and its geological importance*. Rev. Soc. min. ital. 12, 130-38, 1956.
- 8.—BENSON, W. N.—*The origin of serpentine*. Amer. Jour. Sci. 46, 693-713, 1918.
- 9.—HESS, H. H.—*The problem of serpentization of the origin of certain chrysotile asbestos, talc and soapstones deposits*. Econ. Geol. 28, 634-657. 1933.
- 10.—TURNER, F. J.—*Mineralogical and structural evolution of metamorphic rocks*. Geol. Soc. Amer. Mem. 30, 130-32, 1948.
- 11.—TALIAFERRO, N. L.—*Franciscan Knoxville problem*. Am. Assoc. Petroleum Geologist. Bull. 27, 109-219, 1943.
- 12.—YODER, H. S.—*The MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O system and the related metamorphic facies*. Am. Jour. Sci. Bowen vol. 569-627, 1952.

- 13.—MARMO, V.—*Sur la serpentinisation de l'olivine*. Bull. Soc. Franc. Min. Crist. 79, 318-24, 1956.
- 14.—HOYOS, A. y GONZALEZ, M.—*Estudio de algunas serpentinas de la Sierra de Mijas*. En prensa.
- 15.—HOYOS, A. y RODRIGEZ J.—*Estudio de los minerales serpentínicos*. Estudios Geológicos XVII, 59-81, 1961.
- 16.—DELCAO, M.—*Nueva variedad de antigorita en la serpentina del barranco de San Juan*. (Granada). An. Edaf. Fis. Veg. XV, 199, 1956.

RESUMEN

Se han estudiado unas muestras de peridotitas serpentizadas del macizo que constituye la Serranía de Ronda. Se identifican las muestras por diversos métodos, así como los minerales existentes, y se hacen consideraciones acerca de los procesos y resultados de la alteración por serpentización.