

Estructuras del basamento cristalino del borde oriental de las Cumbres Calchaquíes. República Argentina

Clasificación de blastos de cuarzo por la orientación del eje óptico "c" y la forma elíptica del agregado al que pertenecen

Nélida Yolanda Mansilla

Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán.
Miguel Lillo 205. San Miguel de Tucumán. República Argentina
nymansilla@hotmail.com

Resumen: La deformación interna (strain) en las bandas cuarzosas de los esquistos bandeados fue detectada con el método de FRY (1979) y mediciones con platina universal. Combinando sus resultados se diseñó este método para la clasificación de blastos de cuarzo con el cual se detectaron micropliegues isoclinales en la configuración interna de las bandas. En éstas, la recrystalización estática posterior a la deformación que define el bandeo, enmascara la deformación interna (strain) de estos esquistos.

Palabras clave: Bandeo tectónico. Deformación interna. Microindicadores cinemáticos. Deslizamientos intracrystalinos.

INTRODUCCIÓN

En la deformación intracrystalina de los minerales se activan diferentes sistemas de deslizamiento. La activación de cada uno depende de las condiciones físicas de la deformación, especialmente de la temperatura (HOBBS *et al.* 1981, LLOYD y FREEMAN, 1994, PASSCHIER y TROUW 1996).

El cuarzo tiene un sistema basal perpendicular al eje c, uno prismático paralelo a este eje y otro rómbico que interseca a los ejes "c" y "a". Los tres sistemas admiten sentido de deslizamiento dextral o siniestral y el rómbico además tiene dos orientaciones posibles respecto del eje "c".

En el modelo geométrico de cristal de cuarzo diseñado para lograr una construcción equidimensional regular (Fig. 1), el sistema de deslizamiento rómbico forma un ángulo de 45° en sentido horario o antihorario con el eje "c", el basal 90° y el prismático 0°.

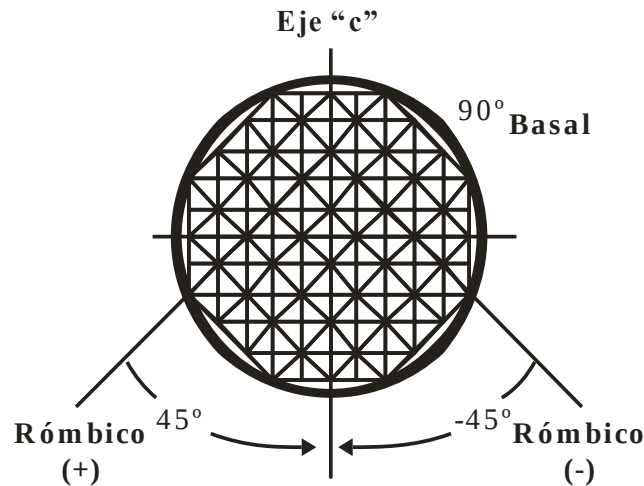


Figura 1. Modelo de cristal de cuarzo. Los principales sistemas de deslizamiento son: Prismático paralelo al eje “c”, Basal perpendicular, Rómbico+ y Rómbico- a 45° en sentido antihorario y horario, respectivamente.

Si se asimila un blasto de cuarzo deformado a la forma elíptica del agregado al que pertenece (Fig. 2), el eje mayor (**e**) de la elipse de deformación y el eje “**c**” del cuarzo, forman un ángulo (α). La variación progresiva del ángulo α dentro de cada sistema, indica la tendencia de los ejes a separarse o aproximarse. La elipticidad (**R**) creciente, induce valores de α , decrecientes para los deslizamientos dextrales y crecientes para los deslizamientos siniestrales en todos los sistemas (Fig. 3).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los valores absolutos de α son los que indican la tendencia dentro de cada sistema.

Con valores crecientes de elipticidad (**R**), el eje **e** se aparta del “**c**” en el sistema basal y se aproxima en el sistema prismático (Fig. 2). Los valores absolutos dentro de cada uno son iguales, pero de signo opuesto, simétricos respecto del eje “**c**”. En los deslizamientos dextrales, α es negativo en el sistema basal, **Bd** (Fig. 2) y positivo en el prismático, **Pd** (Fig. 2). En los deslizamientos siniestrales, **Bs** es positivo y **Ps** es negativo (Fig. 2). Dentro de cada sistema rómbico, los deslizamientos con sentido opuesto, inducen valores de α de igual signo pero crecientes y decrecientes, respectivamente. En el sistema rómbico a 45° del eje [**c**] (Fig. 1), **R⁺d** y **R⁺s** (Fig. 2) son negativos y en el sistema rómbico a -45° del eje [**c**] (Fig. 1), los valores de α en **R⁻d** y **R⁻s** son positivos (Fig. 2).

Además, en los sistemas basal y prismático que son perpendiculares entre sí, los deslizamientos con sentido opuesto inducen valores de α complementarios y del mismo signo cuando la elipticidad es la misma: α_{Bd}/α_{Ps} y α_{Bs}/α_{Pd} (Fig. 2) en cada incremento de **R**.

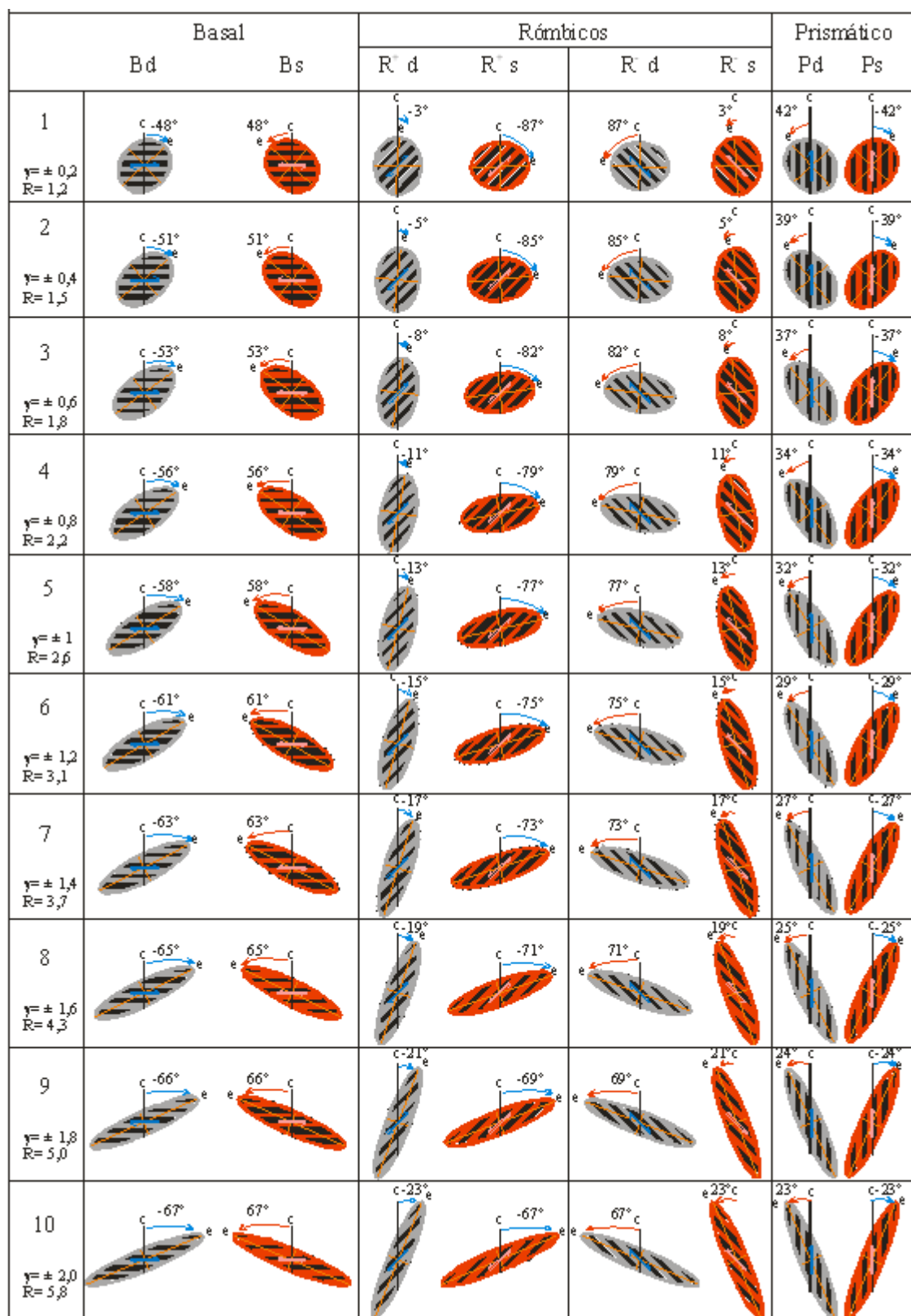


Figura 2. Modelos con deformación por cizalla simple homogénea y progresiva. "c", eje óptico, vertical en todos los modelos; e, eje mayor de la forma elíptica; R, elipticidad impuesta con incrementos de $\gamma = \pm 0,2$. Se adopta la convención de signos de RAMSAY y HUBER (1983) y las flechas azules indican giros con sentido horario (-) y las rojas antihorario (+) para el ángulo γ medido desde el eje c hacia el eje e. Ver más explicaciones en el texto.

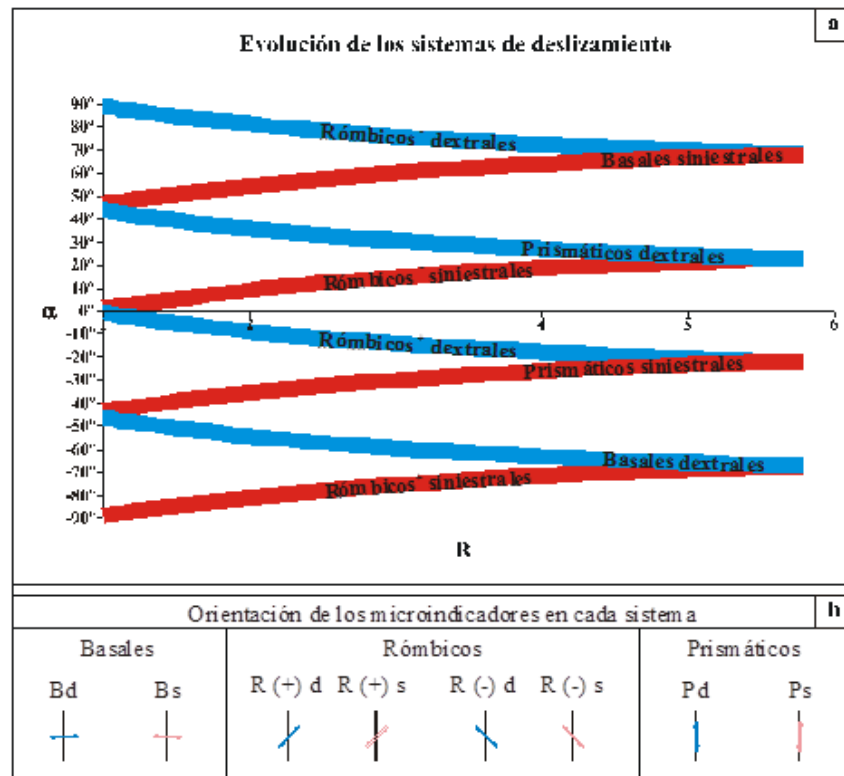


Figura 3. Sistemas de deslizamiento y microindicadores. a: Curvas de variación de α , correspondientes a cada incremento de elipticidad, R (Fig. 2). En todos los sistemas el valor de α decrece con los movimientos dextrales (azul) y crece con los sinistres (rojo). b: El eje "c", vertical en todos los modelos (Fig. 2) y los microindicadores paralelos al plano de deslizamiento, mantienen su orientación dentro de cada sistema, para cualquier valor de elipticidad. Más detalles en el texto.

Procedimiento para clasificar los blastos deformados

Para clasificar cada blasto dentro de un corte delgado y estimar dirección y sentido de deslizamiento predominantes en su deformación, se procede de la manera siguiente (Fig. 4):

- Con el valor de R obtenido en el área que contiene a un cristal y el de α correspondiente (Fig. 4 a), se determina el sistema de deslizamiento compatible con la forma elíptica del agregado (Fig. 3 a).
- El microindicador y el eje c correspondientes al sistema (Fig. 3 b) son rotados hasta orientar el eje c del modelo, paralelo al del cristal clasificado (Fig. 4 b).
- Se transfiere el indicador al cristal (Fig. 4 c).

Los blastos clasificados de esta manera, se denominan:

Bs: Basal con deslizamiento sinistral.

Bd: Basal con deslizamiento dextral.

R⁻s: Rómbico a -45° del eje **c** con deslizamiento siniestral.

R⁻d: Rómbico a -45° del eje **c** con deslizamiento dextral.

R⁺s: Rómbico a 45° del eje **c** con deslizamiento siniestral.

R⁺d: Rómbico a 45° del eje **c** con deslizamiento dextral.

Ps: Prismático con deslizamiento siniestral.

Pd: Prismático con deslizamiento dextral.

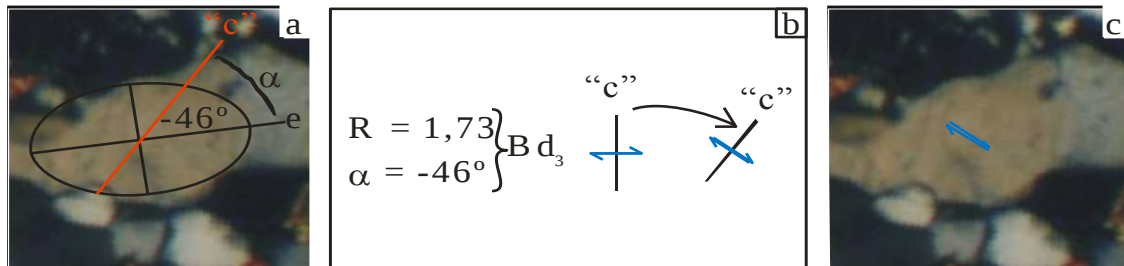


Figura 4. Ejemplo de clasificación de un blasto de cuarzo. Explicaciones en el texto.

La determinación de los sistemas de deslizamiento operantes es compleja y se conocen clasificaciones (LLOYD y FREEMAN 1991) que utilizan técnicas de microscopía electrónica y programas de computadoras, para realizar estas determinaciones con gran precisión.

Sin embargo la clasificación propuesta en este trabajo no pretende establecer los sistemas de deslizamiento activados, sino proporcionar un método que aplicado de igual manera en cada área analizada, sirve de parámetro para detectar la configuración interna en agregados aparentemente no deformados.

Los valores de elipticidad obtenidos con el método de FRY (1979), los datos obtenidos con platina universal para el análisis de fábrica y los cristales clasificados, están agrupados en las tablas 1, 2, 3, 4 y los resultados están sintetizados en la tabla 5.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
1	-13	13	1,44	00	67	190	20 i	260/20	R ⁺ d ₂	
2	25	13	1,44	00	67	152	19 d	118/19	P d ₂	
3	34	13	1,44	00	67	143	27 i	307/27	P d ₂	
4	71	13	1,44	00	67	286	38 d	344/38	R ⁻ d ₂	
5						127	00	143/00	Sin modelos	
6						178	15 i	272/15		
7						177	11 d	93/11		
8						191	11 d	79/11		
9						213	00	57/00		
10	-30	19	1,42	04	57	211	28 i	239/28	P s ₂	
11	-29	19	1,42	04	57	210	50 i	240/50	P s ₂	
12	37	19	1,42	04	57	144	36 i	306/36	P d ₂	
13	-18	19	1,42	04	57	200	00	070/00	R ⁺ d ₂	
14	-39	19	1,42	04	57	220	00	050/00	P s ₂	
15	13	19	1,42	04	57	168	26 d	102/26	R ⁻ s ₂	
16						298	09 d	332/09	Sin modelos	
17						246	33 d	024/33		
18						294	01 i	156/01		
19						200	28 i	250/28		
20						123	25 i	327/25		
21						151	17 i	299/17		
22						240	27 i	210/27		
23						159	35 i	291/35		
24						167	26 i	283/26		
25						285	25 d	345/25		
26	-39	20	2,48	01	67	217	12 i	233/12	P s ₅	
27	57	20	2,48	01	67	121	30 i	329/30	P d ₅	
28	5	19	1,42	04	57	176	33 d	094/33	R ⁻ s ₂	
29	-5	20	2,48	01	67	183	0	087/00	R ⁺ d ₅	
30	17	20	2,48	01	67	161	35 i	289/35	R ⁻ s ₅	
31	-13	20	2,48	01	67	191	29 i	259/29	R ⁺ d ₅	
32						286	40 d	344/40	Sin modelos	
33						110	13 d	160/13		
34						206	16 i	244/16		
35	-28	13	1,44	00	67	205	33 d	065/33	P s ₂	
36	-45	14	1,43	-30	70	192	18 d	078/18	B d ₂	

Tabla 1. Cristales (1-36) en los agregados cuarzosos de grano fino de la figura 5. Los 36 modelos que faltan, corresponden a divisiones defectuosas del corte delgado en los que no se pudo aplicar el método de FRY (1979). c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
37	19	14	1,43	-30	70	308	00	322/00	R ⁻ s ₂	
38						226	26 i	224/26	Sin modelos	
39						149	40 i	301/40		
40	66	20	2,48	01	67	291	22 d	339/22	B s ₅	
41	61	20	2,48	01	67	117	44 i	333/44	B s ₅	
42	-57	20	2,48	01	67	235	22 d	035/22	B d ₅	
43	41	20	2,48	01	67	137	18 i	313/18	P d ₅	
44	-9	20	2,48	01	67	187	24 i	263/24	R ⁺ d ₅	
45						213	23 d	057/23	Sin modelos	
46						268	19 i	182/19		
47	-2	22	1,47	-10	67	167	08 d	103/08	R ⁺ d ₂	
48	85	22	1,47	-10	67	260	03 i	190/03	R ⁻ d ₂	
49	56	22	1,47	-10	67	289	29 d	341/29	B s ₂	
50						212	00	058/00	Sin modelo	
51	80	22	1,47	-10	67	265	12 i	185/12	R ⁻ d ₂	
52	-14	22	1,47	-10	67	179	00	091/00	R ⁺ d ₂	
53						118	21i	332/21	Sin modelo	
54	-10	21	1,73	-10	66	177	00	093/00	R ⁺ d ₃	
55	-64	21	1,73	-10	66	231	35 i	219/35	B d ₃	
56	-27	21	1,73	-10	66	194	21 d	076/21	P s ₃	
57	19	21	1,73	-10	66	148	00	122/00	R ⁻ s ₃	
58	56	21	1,73	-10	66	291	21 i	159/21	B s ₃	
59						206	22 i	244/22	Sin modelos	
60						179	07 d	091/07		
61						197	14 d	073/14		
62						145	08 d	125/08		
63						182	28 i	268/28		
64						209	13 d	061/13		
65	-43	14	1,43	-30	70	190	19 d	080/19	P s ₂	
66	-58	15	1,43	-30	53	205	30 i	245/30	B d ₂	
67	22	14	1,43	-30	70	125	23 i	325/23	R ⁻ s ₂	
68						215	27 i	235/27	Sin modelo	

Tabla 1. Cristales (37-68) en los agregados cuarzosos de grano fino de la figura 5. Los 36 modelos que faltan, corresponden a divisiones defectuosas del corte delgado en los que no se pudo aplicar el método de FRY (1979). c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
			R	Φ	N	Medido		Convertido		
						áng. hz	áng. v	D/I		
69	-28	21	1,73	-10	66	195	09 i	255/09	P s ₃	
70	-37	21	1,73	-10	66	204	00	066/00	P s ₃	
71	-43	22	1,47	-10	67	208	39 i	242/39	P s ₂	
72	74	22	1,47	-10	67	271	28 i	179/28	R ⁻ d ₂	
74	-29	20	2,48	01	67	207	22 i	243/22	P s ₅	
75	66	20	2,48	01	67	292	26 d	338/26	B s ₅	
76	-33	20	2,48	01	67	211	48 i	239/48	P s ₅	
77	-53	20	2,48	01	67	231	36 i	219/36	B d ₅	
78						231	00	039/00	Sin modelos	
79						220	39 i	230/39		
80	-39	01	1,75	-04	75	212	00	058/00	P s ₃	
81	-05	01	1,75	-04	75	178	07 d	092/07	R ⁺ d ₃	
82	79	01	1,75	-04	75	274	00	356/00	R ⁻ d ₃	
83	-11	01	1,75	-04	75	184	00	086/00	R ⁺ d ₃	
84	12	01	1,75	-04	75	161	07 d	109/07	R ⁻ s ₃	
85	28	01	1,75	-04	75	145	47 i	305/47	P d ₃	
86	-34	02	1,90	-14	76	197	10 d	073/10	P s ₃	
87	59	02	1,90	-14	76	104	45 i	346/45	B s ₃	
88	-54	02	1,90	-14	76	217	05 d	053/05	B d ₃	
89	-29	12	1,40	00	78	206	36 d	064/36	P s ₂	
90	-16	13	1,44	00	67	193	28 d	077/28	R ⁺ d ₂	
91	70	12	1,40	00	78	107	05 i	343/05	R ⁻ d ₂	
92	-88	13	1,44	00	67	265	21 d	005/21	R ⁺ s ₂	
93	45	13	1,44	00	67	312	17 i	138/17	B s ₂	
94	79	13	1,44	00	67	278	29 d	352/29	R ⁻ d ₂	
95	-11	12	1,40	00	78	188	46 d	082/46	R ⁺ d ₂	
96	-23	12	1,40	00	78	200	34 d	070/34	P s ₂	
97	-46	12	1,40	00	78	223	13 d	047/13	B d ₂	
98	4	12	1,40	00	78	173	00	097/00	R ⁻ s ₂	
99	17	12	1,40	00	78	160	52 d	110/52	R ⁻ s ₂	

Tabla 1. Cristales (69-99) en los agregados cuarzosos de grano fino de la figura 5. Los 36 modelos que faltan, corresponden a divisiones defectuosas del corte delgado en los que no se pudo aplicar el método de FRY (1979). c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
100	-11	07	1,79	-06	53	182	09 i	268/09	R ⁺ d ₃	
101	49	12	1,40	00	78	128	08 d	142/08	B s ₂	
102	76	07	1,79	-06	53	275	39 i	175/39	R ⁻ d ₃	
103	26	07	1,79	-06	53	325	10 d	305/10	P d ₃	
104	24	07	1,79	-06	53	147	00	123/00	P d ₃	
105	49	07	1,79	-06	53	302	12 d	328/12	B s ₃	
106	85	06	1,46	06	86	278	00	172/00	R ⁻ d ₂	
107	-18	06	1,46	06	86	201	00	249/00	R ⁺ d ₂	
108	-7	06	1,46	06	86	190	21 i	260/21	R ⁺ d ₂	
109	-37	02	1,90	-14	76	200	00	250/00	P s ₃	
110	-49	02	1,90	-14	76	211	18 d	059/18	B d ₃	
111	76	02	1,90	-14	76	267	16-	003/16	R ⁻ d ₃	
112	72	02	1,90	-14	76	271	00	359/00	R ⁻ d ₃	
113	-26	02	1,90	-14	76	189	16 i	261/16	P s ₃	
114	50	02	1,90	-14	76	113	14 d	157/14	B s ₃	
115	63	03	1,97	4	67	118	36 d	332/36	B s ₃	
116	30	02	1,90	-14	76	133	25 i	317/25	P d ₃	
117	-47	05	1,42	07	72	231	24 d	039/24	B d ₂	
118	-2	05	1,42	07	72	186	15 d	264/15	R ⁺ d ₂	
119	58	05	1,42	07	72	126	00	324/00	B s ₂	
120	52	05	1,42	07	72	132	19 d	138/19	B s ₂	
121	60	08	1,69	00	72	117	17 d	153/17	B s ₃	
122	-88	08	1,69	00	72	265	27 d	005/27	R ⁺ s ₃	
123	-21	08	1,69	00	72	198	00	252/00	R ⁺ d ₃	
124	49	08	1,69	00	72	128	41 i	322/41	B s ₃	
125	60	08	1,69	00	72	296	21 i	154/21	B s ₃	
126	-26	11	1,83	07	80	210	30 d	060/30	P s ₃	
127	43	11	1,83	07	80	321	14 d	309/14	P d ₃	

Tabla 1. Cristales (100-127) en los agregados cuarzosos de grano fino de la figura 5. Los 36 modelos que faltan, corresponden a divisiones defectuosas del corte delgado en los que no se pudo aplicar el método de FRY (1979). c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
156	-15	04	1,73	-05	67	187	24 i	263/24	$R^+ d_3$	
157	10	04	1,73	-05	67	162	20 i	288/20	$R^- s_3$	
158	57	09	1,60	00	91	300	26 i	150/26	$B s_2$	
159	59	09	1,60	00	91	298	25 i	152/25	$B s_2$	
160						298	25 i	152/25	Sin modelo	
161	-20	10	1,47	02	83	199	00	251/00	$R^+ d_2$	
162	4	15	1,43	-30	53	143	29 i	307/29	$R^- s_2$	
163	-65	15	1,43	-30	53	212	23 i	238/23	$B d_2$	
164	-56	15	1,43	-30	53	203	06 i	247/06	$B d_2$	
165	87	15	1,43	-30	53	240	21 d	030/21	$R^- d_2$	
166	-1	11	1,83	07	80	185	13 i	265/13	$R^+ d_3$	
167	-71	15	1,43	-30	53	218	29 i	232/29	$R^+ s_2$	
168	22	10	1,47	02	83	157	05 i	293/05	$R^- s_2$	
169	-12	09	1,60	00	91	189	30 i	261/30	$R^+ d_2$	
170	08	04	1,73	-05	67	164	38 i	286/38	$R^- s_3$	
171	-16	05	1,42	07	72	200	07 d	070/07	$R^+ d_2$	
172	-14	12	1,40	00	78	191	10 d	079/10	$R^+ d_2$	
173	76	12	1,40	00	78	281	00	169/00	$R^- d_2$	
174	50	01	1,75	-04	75	123	18 d	147/18	$B s_3$	
175	-23	05	1,42	07	72	207	00	243/00	$P s_2$	
176	-25	05	1,42	07	72	209	00	241/00	$P s_2$	
177	-10	06	1,46	06	86	193	00	257/00	$R^+ d_2$	
178	-18	06	1,46	06	86	201	06 i	249/06	$R^+ d_2$	
179	3	06	1,46	06	86	180	25 i	270/25	$R^- s_2$	
180	21	06	1,46	06	86	162	23 d	108/23	$R^- s_2$	

Tabla 1. Cristales (128-155) en los agregados cuarzosos de grano fino de la figura 5. Los 36 modelos que faltan, corresponden a divisiones defectuosas del corte delgado en los que no se pudo aplicar el método de FRY (1979). c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
			R	Φ	N	Medido		Convertido		
						áng. hz	áng. v	D/I		
156	-15	04	1,73	-05	67	187	24 i	263/24	R' d ₃	
157	10	04	1,73	-05	67	162	20 i	288/20	R' s ₃	
158	57	09	1,60	00	91	300	26 i	150/26	B s ₂	
159	59	09	1,60	00	91	298	25 i	152/25	B s ₂	
160						298	25 i	152/25	Sin modelo	
161	-20	10	1,47	02	83	199	00	251/00	R' d ₂	
162	4	15	1,43	-30	53	143	29 i	307/29	R' s ₂	
163	-65	15	1,43	-30	53	212	23 i	238/23	B d ₂	
164	-56	15	1,43	-30	53	203	06 i	247/06	B d ₂	
165	87	15	1,43	-30	53	240	21 d	030/21	R' d ₂	
166	-1	11	1,83	07	80	185	13 i	265/13	R' d ₃	
167	-71	15	1,43	-30	53	218	29 i	232/29	R' s ₂	
168	22	10	1,47	02	83	157	05 i	293/05	R' s ₂	
169	-12	09	1,60	00	91	189	30 i	261/30	R' d ₂	
170	08	04	1,73	-05	67	164	38 i	286/38	R' s ₃	
171	-16	05	1,42	07	72	200	07 d	070/07	R' d ₂	
172	-14	12	1,40	00	78	191	10 d	079/10	R' d ₂	
173	76	12	1,40	00	78	281	00	169/00	R' d ₂	
174	50	01	1,75	-04	75	123	18 d	147/18	B s ₃	
175	-23	05	1,42	07	72	207	00	243/00	P s ₂	
176	-25	05	1,42	07	72	209	00	241/00	P s ₂	
177	-10	06	1,46	06	86	193	00	257/00	R' d ₂	
178	-18	06	1,46	06	86	201	06 i	249/06	R' d ₂	
179	3	06	1,46	06	86	180	25 i	270/25	R' s ₂	
180	21	06	1,46	06	86	162	23 d	108/23	R' s ₂	

Tabla 1. Cristales (156-180) en los agregados cuarzosos de grano fino de la figura 5. Los 36 modelos que faltan, corresponden a divisiones defectuosas del corte delgado en los que no se pudo aplicar el método de FRY (1979). c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
1	63	15	1,67	-08	46	106	21 d	164/21	B s ₃	
2	73	15	1,67	-08	46	96	29 i	354/29	R ⁻ d ₃	
3	45	15	1,67	-08	46	214	-2 i	236/02	B d ₃	
4	59	14	1,45	-19	63	98	25 i	352/25	B s ₂	
5	-36	15	1,67	-08	46	205	22 i	245/22	P s ₃	
6	-34	15	1,67	-08	46	192	28 i	258/28	P s ₃	
7	-10	15	1,67	-08	46	179	38 d	091/38	R ⁺ d ₃	
8	-47	12	1,84	-09	38	216	35 i	234/35	B d ₃	
9	-42	15	1,67	-08	46	211	19 d	059/19	P s ₃	
10	22	12	1,84	-09	38	146	28 d	124/28	R ⁻ s ₃	
11	-68	12	1,84	-09	38	236	00	214/00	B d ₃	
12	60	12	1,84	-09	38	288	53 d	342/53	B s ₃	
13	53	11	1,39	-03	56	121	24 i	329/24	B s ₂	
14	-25	11	1,39	-03	56	199	49 d	071/49	P s ₂	
15	-41	11	1,39	-03	56	215	21 d	055/21	P s ₂	
16	-26	15	1,67	-08	46	195	05 d	075/05	P s ₂	
17	-17	11	1,39	-03	56	191	00	259/00	R ⁺ d ₂	
18	-5	11	1,39	-03	56	179	24 i	271/24	R ⁺ d ₂	
19	85	11	1,39	-03	56	89	14 d	181/14	R ⁻ d ₂	
20	-84	11	1,39	-03	56	82	15 i	012/15	R ⁺ s ₂	
21	-28	11	1,39	-03	56	203	45 i	247/45	P s ₂	
22	-39	14	1,45	-19	63	197	21 i	253/21	P s ₂	
23	69	10	1,78	-03	56	106	18 d	164/18	R ⁻ d ₃	
24	-31	11	1,39	-03	56	205	13 d	065/13	P s ₂	
25	-17	14	1,45	-19	63	175	00	275/00	R ⁺ d ₂	
26	36	11	1,39	-03	56	138	09 d	132/09	P d ₂	

Tabla 2. Cristales (1-26) en el agregado cuarzoso de grano fino asociado a la vena plegada de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
27	-15	11	1,39	-03	56	189	20 i	261/20	$R^+ d_2$	
28	7	11	1,39	-03	56	167	13 d	103/13	$R^- s_2$	
29	14	11	1,39	-03	56	188	32 d	082/32	$R^- s_2$	
30	-4	9	2,59	-01	36	180	34 i	270/34	$R^+ d_5$	
31	-30	9	2,59	-01	36	205	46 d	065/46	$P s_5$	
32	-2	9	2,59	-01	36	178	30 i	272/30	$R^+ d_5$	
33	-39	11	1,39	-03	56	213	21 d	057/21	$P s_2$	
34	-44	8	1,34	-31	23	189	18 d	081/18	$P s_2$	
35	-24	10	1,78	-03	56	199	06 d	071/06	$P s_3$	
36	49	10	1,78	-03	56	126	05 d	144/05	$B s_3$	
37	65	10	1,78	-03	56	110	34 i	340/34	$B s_3$	
38	46	7	1,95	-31	23	139	06 d	131/06	$B s_3$	
39	-35	8	1,34	-31	23	180	25 i	270/25	$P s_2$	
40	-44	8	1,34	-31	23	189	36 d	081/36	$P s_2$	
41	-45	8	1,34	-31	23	190	35 d	080/35	$B d_2$	
42	-10	9	2,59	-01	36	186	21 i	264/21	$R^+ d_5$	
43	-23	6	2,12	-05	26	195	27 i	255/27	$P s_4$	
44	-56	6	2,12	-05	26	228	00	222/00	$B d_4$	
45	-32	5	1,60	-68	24	141	00	309/00	$P s_2$	
46	2	5	1,60	-68	24	286	30 i	164/30	$R^- s_2$	
47	49	5	1,60	-68	24	303	10 d	327/10	$B s_2$	
48	-86	5	1,60	-68	24	194	31 i	256/31	$R^+ s_2$	
49	-30	6	2,12	-05	26	202	00	248/00	$P s_4$	
50	-20	6	2,12	-05	26	192	23 i	258/23	$R^+ d_4$	
51	28	12	1,84	-09	38	140	28 i	310/28	$P d_3$	
52	72	9	2,59	-01	36	284	04 i	166/04	$R^- d_5$	
53	-31	2	2,49	-16	14	191	10 d	079/10	$P s_5$	

Tabla 2. Cristales (27-53) en el agregado cuarzoso de grano fino asociado a la vena plegada de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
54	-34	2	2,49	-16	14	194	27 i	256/27	P s ₅	
55	-31	2	2,49	-16	14	190	15 d	080/15	P s ₅	
56	-23	2	2,49	-16	14	183	08 d	087/08	P s ₅	
57	47	15	1,67	-08	46	216	25 i	234/25	B s ₃	
58	-65	14	1,45	-19	63	223	09 i	227/09	B d ₂	
59	40	17	1,84	-19	20	134	05 i	316/05	P d ₃	
60	23	14	1,45	-19	63	134	05 d	136/05	P d ₂	
61	-86	14	1,45	-19	63	243	15 i	207/15	R ⁺ s ₂	
62	49	14	1,45	-19	63	109	00	341/00	B s ₂	
63	-33	17	1,84	-19	20	207	33 i	243/33	P s ₃	
64	-4	16	1,63	27	27	208	00	242/00	R ⁺ d ₂	
65	-54	13	1,72	07	50	239	25 d	031/25	B d ₃	
66	4	13	1,72	07	50	181	06 i	269/06	R ⁻ s ₃	
67	-40	13	1,72	07	27	225	37 d	045/37	P s ₃	
68	-11	13	1,72	07	50	196	22 d	074/22	R ⁺ d ₃	
69	54	13	1,72	07	50	131	37 i	319/37	B s ₃	
70	-46	13	1,72	07	50	231	12 d	039/12	B d ₃	
71	-6	13	1,72	07	50	191	35 d	079/35	R ⁺ d ₃	
72	-4	14	1,45	-19	63	162	50 i	288/50	R ⁺ d ₂	
73	-50	14	1,45	-19	63	207	38 d	063/38	B d ₂	
74	-34	14	1,45	-19	63	191	24 d	079/24	P s ₂	
75	-67	14	1,45	-19	63	224	38 i	226/38	B d ₂	
76	15	14	1,45	-19	63	143	18 i	307/18	R ⁻ s ₂	
77	-33	14	1,45	-19	63	191	00	259/00	P s ₂	
78	15	14	1,45	-19	63	142	26 i	308/26	R ⁻ s ₂	

Tabla 2. Cristales (54-78) en el agregado cuarzoso de grano fino asociado a la vena plegada de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en el agregado	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
79	46	14	1,45	-19	63	112	52 i	338/52	B s ₂	
80	1	13	1,72	7	50	184	19 i	266/19	R ⁻ s ₃	
81	-5	13	1,72	7	50	190	00	260/00	R ⁺ d ₃	
82	66	10	1,78	-3	56	109	31 i	341/31	B s ₃	
83	-4	10	1,78	-3	56	179	10 d	091/10	R ⁺ d ₃	
84	-49	10	1,78	-3	56	224	10 i	226/10	B d ₃	

Tabla 2. Cristales (79-84) en el agregado cuarzoso de grano fino asociado a la vena plegada de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en la vena	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	D/I		
1	61	1	1,51	-32	21	084	31 d	186/31	$B s_2$	
2	61	1	1,51	-32	21	084	30 d	186/30	$B s_2$	
3	-71	1	1,51	-32	21	216	31 i	234/31	$R^+ s_2$	
4	-26	1	1,51	-32	21	169	32 i	281/32	$P s_2$	
5	-37	1	1,51	-32	21	182	21 d	088/21	$P s_2$	
6	-43	2	1,65	-35	30	186	10 d	084/10	$P s_2$	
7	-28	1	1,51	-32	21	172	31 d	098/31	$P s_2$	
8	20	1	1,51	-32	21	126	21 d	144/21	$R^- s_2$	
9	-76	2	1,65	-35	30	219	54 d	051/54	$R^+ s_2$	
10	-72	4	1,65	-35	51	215	00	055/00	$R^+ s_2$	
11	-71	3	1,44	-31	33	217	43 d	053/43	$R^+ s_2$	
12	25	4	1,65	-35	51	118	49 d	152/49	$P d_2$	
13	49	3	1,44	-31	33	277	09 i	173/09	$B s_2$	
14	-78	3	1,44	-31	33	223	51 d	047/51	$R^+ s_2$	
15	-67	3	1,44	-31	33	213	17 i	237/17	$B d_2$	
16	-72	3	1,44	-31	33	191	24 d	079/24	$R^+ s_2$	
17	-87	3	1,44	-31	33	206	30 i	244/30	$R^+ s_2$	
18	82	5	1,53	-58	76	217	32 i	233/32	$R^- d_2$	
19	25	5	1,53	-58	76	093	35 d	177/35	$P d_2$	
20	28	5	1,53	-58	76	271	24 i	179/24	$P d_2$	
21	67	5	1,53	-58	76	232	00	038/00	$B s_2$	

Tabla 3. Cristales (1-21) en la vena cuarzosa plegada de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en la vena	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	D/I		
22	42	7	1,49	-46	37	269	28 i	181/28	$P d_2$	
23	-63	8	1,49	60	48	120	21 i	330/21	$B d_2$	
24	-72	8	1,49	60	48	129	25 i	321/25	$R^+ s_2$	
25	18	8	1,49	60	48	219	44 d	051/44	$R^- s_2$	
26	-75	8	1,49	60	48	132	21 i	318/21	$R^+ s_2$	
27	-74	8	1,49	60	48	131	38 i	319/38	$R^+ s_2$	
28	-74	8	1,49	60	48	131	11 i	319/11	$R^+ s_2$	
29	17	8	1,49	60	48	221	21 d	049/21	$R^- s_2$	
30	14	8	1,49	60	48	223	24 d	047/24	$R^- s_2$	
31	-84	8	1,49	60	48	141	36 i	309/36	$R^+ s_2$	
32	43	6	2,01	6	67	140	29 i	310/29	$P d_4$	
33	43	6	2,01	6	67	140	29 i	310/29	$P d_4$	
34	-22	6	2,01	6	67	204	38 d	066/38	$R^+ d_4$	
36	-64	2	1,65	-35	30	207	26 d	063/26	$B d_2$	

Tabla 3. Cristales (22-36) en la vena cuarzosa plegada de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en la vena	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
1	-3	1	1,73	41	121	220	06 i	230/06	$R^+ d_3$	
2	4	1	1,73	41	121	213	09 d	057/09	$R^- s_3$	
3	17	1	1,73	41	121	201	08 d	069/08	$R^- s_3$	
4	-68	1	1,73	41	121	108	23 i	342/23	$B d_3$	
5	-73	1	1,73	41	121	112	22 i	338/22	$R^+ s_3$	
6	-80	1	1,73	41	121	120	09 i	330/09	$R^+ s_3$	
7	79	1	1,73	41	121	325	24 i	129/24	$R^- d_3$	
8	78	1	1,73	41	121	298	10 d	332/10	$R^- d_3$	
9	24	1	1,73	41	121	194	10 d	076/10	$P d_3$	
10	-81	1	1,73	41	121	119	00	149/00	$R^+ s_3$	
11	2	1	1,73	41	121	215	29 d	055/29	$R^- s_3$	
12	-8	2	1,35	-47	77	137	26 d	133/26	$R^+ d_2$	
13	32	2	1,35	-47	77	276	00	354/00	$P d_2$	
14	-9	2	1,35	-47	77	318	21 d	312/21	$R^+ d_2$	
15	-49	2	1,35	-47	77	177	00	093/00	$B d_2$	
16	-28	2	1,35	-47	77	157	27 d	113/27	$P s_2$	
17	39	2	1,35	-47	77	269	00	001/00	$P d_2$	
18	-77	2	1,35	-47	77	204	21 i	246/21	$R^+ s_2$	
19	-79	2	1,35	-47	77	206	21 d	064/21	$R^+ s_2$	
20	-2	2	1,35	-47	77	131	00	139/00	$R^+ d_2$	
21	47	2	1,35	-47	77	261	05 i	189/05	$B s_2$	

Tabla 4. Cristales (1-21) en la vena cuarzosa de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Cristal	Ángulo entre c y e	División en la vena	Método de Fry			Ángulos medidos en la platina universal			Clasificación	
						Medido		Convertido		
			R	Φ	N	áng. hz	áng. v	DI/I		
22	-74	2	1,35	-47	77	201	34 d	069/34	$R^+ s_2$	
23	-46	2	1,35	-47	77	174	04 i	276/04	$B d_2$	
24	-81	2	1,35	-47	77	208	01 d	062/01	$R^+ s_2$	
25	83	2	1,35	-47	77	223	35 d	047/35	$R^- d_2$	
26		2	1,35	-47	77		90			
27	-78	2	1,35	-47	77	205	10 d	065/10	$R^+ s_2$	
28	-9	2	1,35	-47	77	138	08 d	132/08	$R^+ d_2$	
29	5	2	1,35	-47	77	124	35 d	146/35	$R^- s_2$	

Tabla 4. Cristales (22-29) en la vena cuarzosa de la figura 5. c: eje mayor de los cristales, e: eje mayor de la elipse de deformación del agregado, R: elipticidad del agregado, Φ ángulo entre e y la foliación, N número de cristales en cada división del agregado, D/I: dirección de inclinación/inclinación.

Deslizamientos		Cristales en la vena cuarzosa		Cristales en la vena cuarzosa plegada		Cristales en el agregado cuarzoso de grano fino		Cristales en el agregado cuarzoso de grano fino asociado a la vena plegada	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Basales	dextrales	3	11	3	9	11	8	11	13
	sinistrales	1	3	4	11	22	15	13	15
Rómbicos ⁺	dextrales	5	18	1	3	31	22	15	18
	sinistrales	8	29	12	35	07	5	3	4
Rómbicos ⁻	dextrales	3	11	1	3	17	12	4	5
	sinistrales	4	14	4	11	18	12	8	9
Prismáticos	dextrales	3	11	6	17	12	8	4	5
	sinistrales	1	3	4	11	26	18	26	31
Totales		28	100	35	100	144	100	84	100

Tabla 5. Síntesis de los resultados obtenidos en las diferentes zonas analizadas.

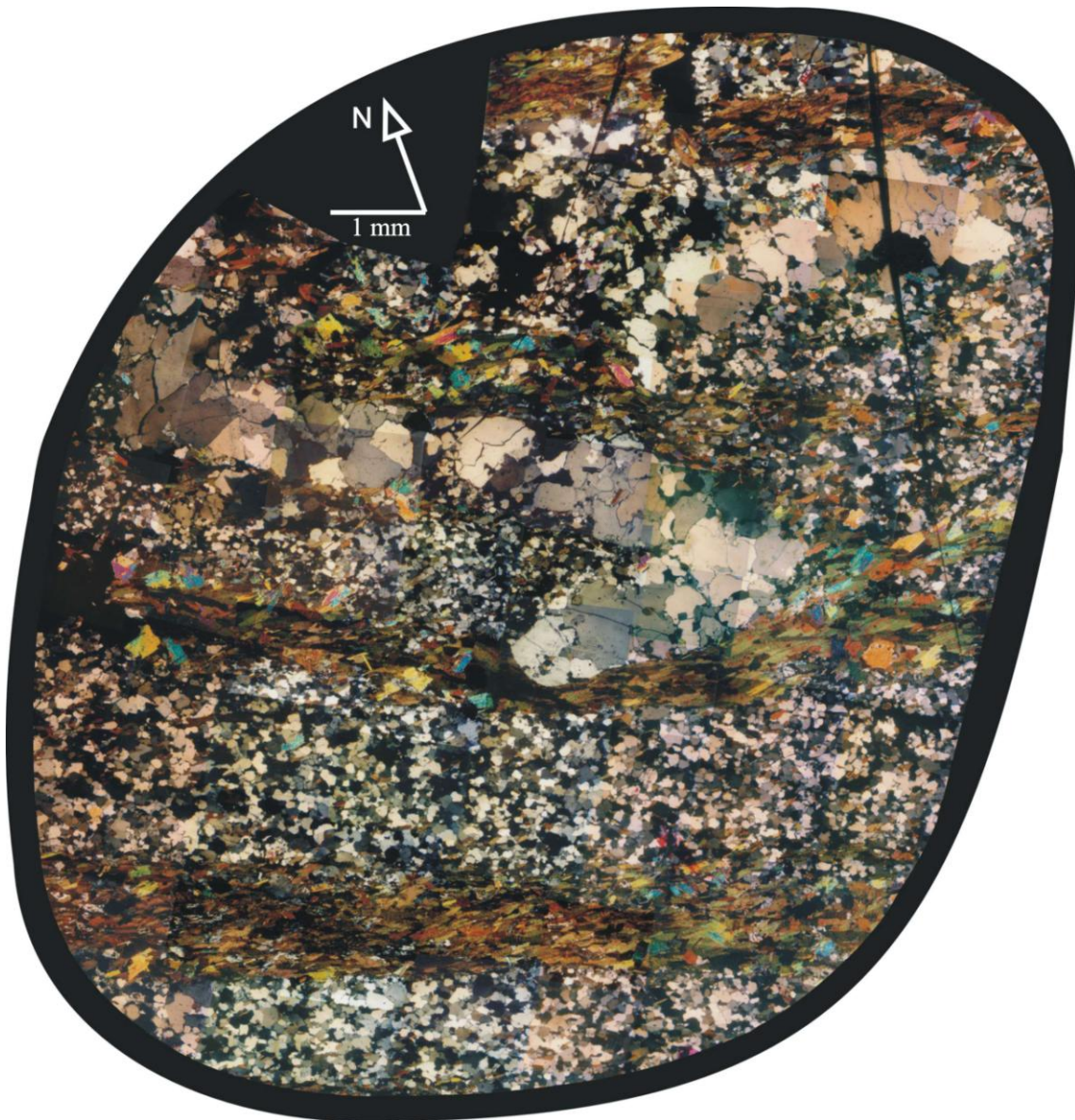


Figura 5: Fotomicrografías de un corte delgado de esquistó bandado. Se destacan bandas micáceas que atraviesan la figura de izquierda a derecha y limitan bandas cuarzosas de grano fino. Las dos bandas de grano fino superiores contienen venas cuarzosas y de éstas, la inferior está plegada. Tanto en los agregados de grano fino como en las venas se aplicó el método de FRY (1979) y mediciones con platina universal. Ver los datos obtenidos en las tablas 1-5 y otros detalles en el texto.

Mosaico realizado con fotomicrografías de un corte delgado perpendicular a la foliación y paralelo a la lineación de estiramiento de una muestra de esquistó bandado del río Los Sosa (Tucumán- R. Argentina). Las cien fotomicrografías fueron tomadas con analizador intercalado. En MANSILLA (2012) se encuentran esquemas con detalles de las estructuras.

Los deslizamientos y sentido de deslizamiento predominantes determinados con este método, tienen una distribución sistemática en el material analizado. La agrupación de estos microindicadores en franjas de comportamiento dextral contiguas a otras de comportamiento siniestral, se interpreta como micropliegues isoclinales que

atraviesan las bandas, con flancos muy apretados dentro de los agregados de blastos de tamaño menor (MANSILLA 2008). En el diseño logrado, se observó que en las franjas con comportamiento dextral y siniestral obtenidas, los ejes “c” tienen orientación promedio simétrica respecto de la superficie axial de los micropliegues.

BIBLIOGRAFÍA

Fry, N. 1979. *Random Point Distributions and Strain Measurement in Rocks*. Tectonophysics, 60: 89-105.

Hobbs, B. E., Means, W. D. and Williams, P. F. 1981. *Geología Estructural*. Ediciones Omega, 518 p. Barcelona.

Lloyd, G. E. y Freeman, B. 1991. *SEM electron channelling analysis of dynamic recrystallisation in a quartz grain*. Journal of Structural Geology, 13:945-953.

Lloyd, G. E. y Freeman, B. 1994. *Dynamic recrystallization of quartz under greenschist conditions*. Journal of Structural Geology, 16:867-881.

Mansilla, N. Y. 2008. *Estructuras del basamento cristalino del borde oriental de las Cumbres Calchaquíes*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 105 p. (inérita)

Mansilla, N. Y. 2012. *Estructuras del basamento cristalino del borde oriental de las Cumbres Calchaquíes. Métodos de análisis de rocas intensamente deformadas*. Reduca (Geología). Serie Geología Estructural. 4 (1): 1-14.

Passchier, C. W. y Trouw, R. A. J. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag. 289 p.

Ramsay, J. G. y Huber, M. I. 1983: *The Techniques of Modern Structural Geology, Volume 1: Strain Analysis*. Academic Press, 307 p., London.

Recibido: 24 noviembre 2013.

Aceptado: 9 diciembre 2014.