

Capítulo II

EL PAPEL DE LA GEOLOGIA EN LA CARSOGENESIS

Este capítulo trata sobre algunas cuestiones elementales de geología, que serán herramientas útiles de trabajo durante las investigaciones espeleológicas. Sin embargo, el lector no debe sentirse satisfecho con lo que podemos ofrecerle en estas breves páginas y debe aumentar sus conocimientos mediante la consulta de textos más específicos sobre el tema.

ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía es la ciencia que estudia la sucesión de las rocas en la naturaleza, determina la superposición de las capas según su edad y, con estos datos, reconstruye la historia de la evolución geológica de un territorio.

Una de las leyes fundamentales de esta ciencia nos señala que "las rocas sedimentarias más jóvenes yacen sobre las más antiguas", pero no siempre sucede así. En los terrenos que han sufrido profundos plegamientos y fallas es usual encontrar que las rocas más jóvenes yacen por debajo de las más viejas. Por esta razón, una de las primeras tareas de la estratigrafía es la determinación de la verdadera sucesión de las capas. Para esto nos apoyamos en la paleontología, pues sabemos que al evolucionar la vida en la Tierra, los animales y vegetales han ido sufriendo variaciones sucesivas. De esta manera, en las rocas que contienen fósiles de distintas etapas de la historia de la Tierra se encuentran restos de especies distintas, características para dichas etapas. Mediante el trabajo conjunto de los estratígrafos y paleontólogos se ha podido establecer la sucesión de las especies y sobre esta base la columna cronoestratigráfica terrestre.

La columna cronoestratigráfica es el reloj de la historia de la Tierra, pues mediante su uso podemos determinar la edad de cualquier roca y así conocer en qué etapa del desarrollo terrestre se formó.

En ella se aprecian distintas divisiones del tiempo tales como las eras, sistemas y períodos, que son algo así como las horas, minutos y segundos de nuestros relojes geológicos. Las eras, sistemas y períodos sucesivos reciben nombres particulares, lo que se ha hecho con

la finalidad de simplificar su memorización y la sistematización de los hechos geológicos (ver tabla I).

Otro problema de la estratigrafía, de gran interés para los espeleólogos, es la forma de los cuerpos geológicos y la composición de las secuencias. A nuestros fines podemos considerar tres tipos de cuerpos geológicos que son los masivos, estratificados y lenticulares (Fig. 5).

Los cuerpos geológicos masivos son aquéllos que están compuestos por un tipo de roca dada, no estratificada y de dimensiones considerables. Tenemos, por ejemplo, algunas calizas miocénicas de las llanuras meridionales de La Habana y Matanzas, del Pan de Matanzas, del Palenque y otros.

Los cuerpos geológicos estratificados pueden subdividirse en dos tipos: de composición homogénea, como las secuencias de calizas desde laminares hasta de estratos gruesos que forman los mogotes de la Sierra de los Organos, las elevaciones de la Sierra del Rosario y las calizas estratificadas de las Escaleras de Jaruco; y las secuencias estratificadas constituidas por dos o más tipos de rocas, como por ejemplo las elevaciones de Bejucal que se componen de calizas, margas o aleurolitas intercaladas; las elevaciones costeras de La Habana a Matanzas compuestas por calizas y margas intercaladas, entre otras.

Los cuerpos geológicos lenticulares son aquéllos que tienen un espesor igual a $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ de su largo máximo. Ejemplo de ello son los lentes de caliza que se encuentran entre las margas y areniscas del Mioceno Inferior en los alrededores de la presa Zaza.

En la naturaleza es común que rocas de tipos distintos se sucedan unas sobre otras de tal manera que se formen secuencias de estratos de diferente composición. En estos casos, el proceso de carsificación del macizo no es homogéneo, pues unas rocas son más solubles que otras, y las cavernas y el citado proceso se desarrollan en unas capas con mayor velocidad que en otras. Esto nos indica que es importante estudiar qué tipo de secuencias constituyen un territorio dado, pues en cierto modo ellas son como el esqueleto de los macizos cársticos. La siguiente clasificación de las secuencias, según el volumen relativo de los tipos de rocas que las componen, se puede utilizar (E. Skwaletski y M. Iturralde-Vinent, 1971):

- Carbonatadas, constituidas en más de un 80% de rocas calcáreo-dolomíticas, como los mogotes de la Sierra de los Organos o de las Escaleras de Jaruco.
- Carbonatado-metamórficas, constituidas en más de un 80% de mármoles y esquistos calcáreos, como la Sierra de Casas en Isla de la Juventud.
- Carbonatado-terrigenas, compuestas en un 50% a 80% de rocas calcáreo-dolomíticas y el resto por arcillas, areniscas, aleuoli-

COLUMNA GEOLOGICA

Tabla I

COLUMNA CRONOESTRATIGRAFICA SIMPLIFICADA

Era	Sistema	Periodo	Duración (millones de años)	Fósiles característicos de Cuba
C E N O Z O I C O	Cuaternario	Holoceno		Los aborígenes. <i>Strombus</i> gi- gas
		Pleistoceno	1,8	<i>Strombus</i> gigas, <i>Megalocnus</i> rodens
	Neógeno	Plioceno		<i>Pecten pittieri</i>
		Mioceno	30	<i>Ostrea haitiensis</i> <i>Clypeaster platigaster</i> <i>Charcharodon megalodon</i>
	Paleógeno	Oligoceno		<i>Lepidocyclina gigas</i>
		Eoceno	80	<i>Oligopigus</i> sp., <i>Echinolampas</i>
		Paleoceno		<i>Nummulites bermudezi</i>
M E S O Z O I C O	Cretacico	Superior	150	<i>Titanosarcolites</i> sp <i>Lanieria lanieri</i>
		Inferior		<i>Inoceramus</i> sp., <i>Protancytoce- ras</i> sp
	Jurásico	Superior	195	<i>Perisphinctes</i> sp.
		Medio		<i>Trigonia krommelbeini</i>
		Inferior	230	Sin fósiles característicos en Cuba
	Triásico	Sin fósiles característicos en Cuba		
P A L E O Z O I C O	Pérmico		570	Sin fósiles característicos en Cuba
	Carbonífero			
	Devónico			
	Silúrico			
	Ordovícico			
	Cámbrico			
PROTEROZOICO				Sin fósiles característicos en Cuba
ARQUEOZOICO				
AZOICO				

tas, etc., como las elevaciones de la Sierra del Rosario, Pinar del Río.

- Margosas, compuestas en más de un 80% de margas o calizas arcillosas, como las lomas del Cacahual, en La Habana, o las márgenes rocosas del Río Almendares, en el Parque del mismo nombre, en La Habana.
- Terrígeno-carbonatadas, compuestas en menos de un 50% por rocas calcáreo-dolomíticas y el resto por clastitas no carbonatadas como en las elevaciones de Bejucal-Madruga, en La Habana.
- Efusivo-carbonatadas, compuestas en menos de un 50% por rocas calcáreo-dolomíticas y el resto por tobas, tefroides y tufitas, como en parte de la Sierra Maestra y de la Sierra Cristal.

Cuando se establece la composición de una secuencia y la forma del cuerpo geológico, tenemos la posibilidad de imaginarnos las limitaciones que estos factores han puesto al desarrollo de las cavidades subterráneas. De hecho, la composición y forma de los cuerpos rocosos constituyen dos factores de gran importancia al evaluar la morfología del carso hipogeo o subterráneo. En otros capítulos de esta obra se insiste sobre este tema.

Por último, nos interesa mencionar, con respecto a la estratigrafía, la índole de los contactos entre los cuerpos geológicos. Por lo general, los contactos entre las rocas sedimentarias pueden ser de dos tipos: entre dos secuencias superpuestas, o entre dos secuencias laterales de la misma edad.

Los cuerpos geológicos superpuestos pueden presentar contactos de dos categorías: concordantes o discordantes.

Los contactos concordantes son aquéllos que no son evidentes y por lo tanto se seleccionan arbitrariamente para separar dos partes de un cuerpo o macizo de rocas. De hecho, un contacto concordante implica que no hubo interrupción en el proceso de sedimentación. A menudo se hace coincidir con un cambio de litología, de los fósiles que contiene una roca, de la coloración de la secuencia, o alguna modificación de la textura de las rocas.

Los contactos discordantes, por el contrario, corresponden con interrupciones en la sedimentación, cuya duración puede ser de algunos miles hasta muchos millones de años. Por lo general, ponen en contacto rocas de distintas edades, por ejemplo, Mioceno sobre Jurásico, Cuaternario sobre Oligoceno, etc. Estas discordancias pueden ser paralelas, si las rocas por arriba y por debajo de la misma, tiene igual inclinación; y se denominan angulares cuando se ponen en contacto secuencias con diverso grado de inclinación (Fig. 6). A menudo las concordancias y discordancias tienen importancia espeleológica, pues a lo largo de estos contactos circulan más activamente las aguas subterráneas y se forman las mayores cavernas.

Los contactos laterales entre dos secuencias distintas pueden ser de muy diversos tipos, y a fin de evitar extensas descripciones, mostramos algunos ejemplos en la figura 7.

Otro tipo de contacto es entre los cuerpos magmáticos intrusivos y las rocas preexistentes. Estos son por lo general cortantes aunque los hay paralelos a la estratificación.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La geología estructural es la ciencia que se ocupa del estudio de la geometría de los cuerpos geológicos naturales, tanto en lo que respecta a su estructura interna como a su forma y posición en el espacio. Para los espeleólogos y carsólogos, los conocimientos de geología estructural son una herramienta de gran valor, tanto práctico como teórico, pues ayudan a resolver una serie de problemas. Para citar algunos ejemplos demostrativos, basta traer a colación el hecho de que las grietas son a menudo el camino principal de las aguas en los macizos rocosos y que a ellas se asocian grandes cavernas. Queda claro que el estudio de las direcciones de las grietas en los macizos, así como sus inclinaciones, será de valor a la hora de localizar nuevas galerías o descubrir el camino de los ríos subterráneos. En otros casos, hay cuevas formadas a lo largo de las capas o estratos rocosos, o dispuestas a favor de su pendiente máxima de inclinación. También las aguas vadasas, al descender hacia las profundidades, corren a menudo por la superficie de los estratos inclinados. De aquí la importancia de conocer hacia dónde están inclinadas las capas rocosas en una región dada.

Esta vinculación entre las direcciones e inclinación de las capas rocosas y las grietas o fallas, y la disposición y grado de desarrollo de las formas cársicas subterráneas se conoce como "control tectónico de la carsificación".

Determinación de los elementos de yacencia de un plano

Una de las primeras tareas del estudio del control tectónico de la carsificación es determinar la posición de las grietas, fallas y planos de estratificación de las rocas. Esto se logra mediante la medición del buzamiento, que es la máxima inclinación de una superficie con respecto a la horizontal. Esta inclinación se determina con ayuda de un clinómetro, que mide los grados del ángulo formado por la superficie que estamos midiendo y la horizontal. Otro dato importante es conocer hacia dónde se dirige la pendiente máxima de la grieta o estrato. Este valor se determina con el auxilio de una brújula, y como regla se mide en grados de azimut. Los dos valores así determinados nos permiten establecer con claridad hacia dónde está inclinada una superficie dada (plano de falla, grieta o superficie de un estrato) y cuál es su inclinación.

Si observamos la figura 8, podremos descubrir que en la misma se ilustra el afloramiento de un estrato que buza hacia el Suroeste, es decir, entre 180 y 270 grados de azimut, con una inclinación de 45 grados. Digamos por ejemplo que buza 210/45, que es la manera como se representan los valores determinados.

Se pueden encontrar fallas, grietas y estratos buzando desde 0 (horizontales) hasta 90° (verticales) y dicho buzamiento puede estar dirigido en cualquier rumbo. Al Norte (0°), al Este (90°), al Sur (180°), al Oeste (270°), o en cualquier otra posición entre Norte y Este de (0° a 90°), entre Este y Sur (de 90° a 180°), entre Sur y Oeste (de 180° a 270°) y entre Oeste y Norte (de 270° a 360°). Puede darse el caso donde es imposible determinar el buzamiento (inclinación) de los estratos o de las grietas y fallas. En tal situación basta medir la dirección de estos planos, como se ilustra en la figura 9.

A menudo en una misma región o macizo se encuentran grietas y fallas que la cortan en distintas direcciones, así como estratos que buzando distintamente. En tales casos, lo más adecuado es elaborar gráficos estadísticos a fin de determinar la yacencia, o las yacencias más frecuentes.

Uno de los métodos más sencillos de representar un conjunto de grietas son los gráficos cartesianos de barras (Fig. 10). Estos se utilizan cuando se dispone de una serie de mediciones de grietas verticales en un lugar determinado; digamos en un área de 3 X 3 metros. El primer paso es confeccionar una tabla de valores:

Cantidad de grietas	Azimut	Por ciento
2	20°	3
7	25°	11
18	30°	28
35	75°	54
3	80°	4
<hr/> Total 65		<hr/> 100

Después se toman en el eje de las X los grados de azimut en intervalos de 0-5, 6-10, 11-15 y así sucesivamente, en tanto que en el eje de las Y se toman los por cientos. Entonces cada grupo de grietas estará determinado por su azimut y su por ciento. En nuestro ejemplo (Fig. 10), obtenemos dos direcciones principales de grietas, que se cortan en un ángulo de 45 grados. Esto quiere decir que las cavernas más importantes deben tener sus galerías dirigidas al NNE (25° a 30°) y al ENE (unos 75°). Además debemos tener en cuenta la posibilidad de que en los lugares donde se cruza un gran número de grietas se pueden formar furnias verticales, dolinas, cenotes o sumideros, pues dos conjuntos de grietas verticales determinan direcciones verticales de mucha fracturación.

Otro método para representar gráficamente un grupo de grietas o fallas verticales o casi verticales, es por medio de las rosas de

grietas (Fig. 11). En este caso los valores angulares del azimut se representan en una circunferencia graduada en 360 grados, donde se han indicado los cuatro puntos cardinales, en tanto que los por cientos se toman desde el centro hacia la periferia según una escala arbitraria. Por ejemplo, se puede tomar un centímetro igual a 5% o a 10%. Utilizando la tabla de datos de las direcciones y por cientos de grietas, se confeccionó a manera de ejemplo la rosa que se muestra en la figura 11. Se puede observar en ella con mayor claridad el comportamiento de los sistemas de grietas.

Usualmente es muy conveniente colocar en el mapa de la región que estamos estudiando, o en el plano de la cueva, las rosas de agrietamiento junto al punto de medición. De esta manera se logra una imagen más clara de la relación entre los sistemas de grietas y las manifestaciones lineales del carso.

Cuando hemos podido medir la dirección y la inclinación del plano de las grietas, se puede optar por representarlas en los mapas y planos por medio de símbolos. Un sistema de éstos para representar en los mapas y planos la inclinación de grietas, fallas y estratos se ofrece en la figura 12. En este caso la línea más corta se dibuja hacia donde están inclinados estos planos, y el número nos da a conocer cuántos grados de inclinación tiene el plano. En todos los casos, la línea más larga se dibuja perpendicular al rumbo del buzamiento del plano. Estos símbolos se colocan en el punto donde se tomó la medición en el campo o en la cueva.

Aún existe un método mejor para la representación de grietas, fallas y estratos distintamente inclinados. Se trata de la proyección estereográfica de Wulf, muy utilizada por los cristalógrafos y geólogos estructuralistas, cuya explicación se puede encontrar en los textos especializados de estas ramas. Este método nos permite determinar la posición de la línea de intersección de dos planos distintamente inclinados. Supongamos que en un macizo rocoso donde los estratos están inclinados 35 grados al SE (110/35) se encuentra un sistema de grietas abiertas que buzcan 60 grados al SW (210/60). En este caso es muy probable que las cavernas más grandes y las líneas principales de circulación de las aguas vadosas coincidan con la intersección entre ambos planos. Si nos hacemos una composición de espacio, podremos darnos cuenta que ambos planos se intersectan formando líneas imaginarias que están inclinadas en general hacia el Sur. Pero nos será muy difícil calcular exactamente la posición de estas líneas y su buzamiento. Sin embargo, la falsilla de Wulf nos permite determinar que dicha línea está inclinada 60 grados al SE (140/60). Recomendamos a los espeleólogos y carsólogos estudiar este método, que por su complejidad se escapa de los intereses de esta obra.

Estudio de las grietas

Una grieta es una ruptura de la roca, en la cual no se ha producido un desplazamiento considerable.

Es muy difícil encontrar un macizo rocoso que no esté agrietado en mayor o menor grado, y mucho menos si se trata de rocas carbonatadas, pues éstas tienen bastante fragilidad.

Podemos considerar la existencia de dos tipos principales de grietas: a) las de compresión, y b) las de distensión.

Las grietas de compresión no presentan separación entre sus bordes ni contienen relleno secundario. Por lo general presentan estrías de fricción indicadoras de que han sufrido cierto movimiento relativo de un borde respecto al otro.

Las grietas de distensión son aquellas que tienen una separación entre sus bordes del orden de las micras hasta los decímetros. Estas grietas pueden contener relleno secundario, arcilloso, calcítico u otro mineral.

En algunos casos las grietas de compresión pueden pasar, con el tiempo, a grietas de distensión.

Como regla, las grietas, ya sean de compresión o de distensión, se convierten en camino preferente para las aguas que circulan por los macizos rocosos. Por esta razón, en muchos casos a lo largo de ellas se han desarrollado extensos sistemas de galerías subterráneas.

Las grietas no se presentan aisladas sino que, por lo general, forman sistemas con dos direcciones preferentes y, a veces, hay macizos rocosos con varios sistemas de grietas. En general, un sistema de grietas está formado por dos grupos de fracturas separados entre sí por un ángulo de 30 a 60 grados.

Al realizar investigaciones espeleológicas en una región dada, es conveniente medir un gran número de grietas y construir las rosas de agrietamiento. Al conocer los rumbos de las grietas se pueden prever los de las galerías subterráneas, y al llegar a salones derrumbados o cubiertos de sedimentos, sabremos hacia donde encaminar la búsqueda de nuevas galerías.

Cuando un macizo de rocas de tipo estratificado está a su vez cortado por uno o varios sistemas de grietas, las líneas de intersección entre los planos de buzamiento de los estratos y de las grietas se convierten en las vías preferentes para el desarrollo de las cavernas. Para conocer estos rumbos es necesario proyectar en la falsilla de Wulf los planos de buzamiento de los estratos y de las grietas y determinar los elementos de yacencia de la intersección de ambas superficies.

Estudio de las fallas

Las fallas son fracturas que atraviesan los macizos rocosos y que provocan en ellos desplazamientos que pueden ser desde unos pocos centímetros hasta varios cientos de kilómetros. Para estudiar las

fallas se consideran sus tres partes integrantes: el plano de falla y los dos bloques que éste limita (Fig. 13).

Se conocen varios tipos de fallas los cuales no siempre son posibles de determinar en el campo sin el auxilio de muy detalladas investigaciones. Los tipos más conocidos y sus características son las siguientes:

Fallas directas o normales (Fig. 13): Son propias de los lugares donde ocurre la distensión de la corteza terrestre. Sus planos están usualmente inclinados y el desplazamiento de sus bloques ocurre de tal manera como si uno de ellos resbalara por su peso hasta alcanzar una posición más baja que el otro.

Fallas inversas (Fig. 13): Son propias de los territorios donde ocurre la compresión de la corteza terrestre. Sus planos están usualmente inclinados más de 60° . En este caso el desplazamiento del bloque, que al final ocupa la posición más alta, ocurre por encima del bloque subyacente.

Fallas de sobrecojamiento (Fig. 13): También son propias de las regiones donde ocurre la compresión de la corteza terrestre. Sus planos están poco inclinados u horizontales. El desplazamiento ocurre como en las fallas inversas, donde el bloque superior se mueve por encima del bloque subyacente. Por lo general estas fallas no se observan fácilmente en afloramientos aislados, sino que es necesario hacer estudios de escala regional para localizarlas.

Fallas transcurrentes (Fig. 13): Ocurren en los sectores de la corteza terrestre sometidos a la acción de un par de fuerzas. Sus planos son generalmente verticales o poco inclinados. En este caso, un bloque se desplaza con respecto al otro a lo largo del rumbo del plano de falla, sin que ocurran cambios esenciales en la altitud relativa de uno respecto al otro.

Las fallas aparecen formando sistemas asociados de tal manera que en un mismo plano de ruptura se pueden detectar varios tipos de desplazamientos acaecidos casi simultáneamente. Por ejemplo, en una zona dada se encuentran fallas transcurrentes cortadas por fallas normales o inversas e incluso por sobrecojimientos. También hay ejemplos de fallas que a lo largo de su historia se han comportado de diversa manera.

Las fallas, tanto o más que las grietas, constituyen las vías preferentes de las aguas subterráneas al pasar por los macizos rocosos y, en consecuencia, son un fenómeno de gran interés para los espeleólogos.

Otra propiedad interesante de las fallas es que su acción no se limita a fracturar el propio plano de desplazamiento, sino que a ellas se asocian zonas intensamente agrietadas extendidas desde unos cuantos metros hasta varios kilómetros hacia ambos lados de la frac-

tura principal, por lo que, cuando atraviesa terrenos calcáreos, no sólo la falla, sino una amplia zona circundante, se convierte en objeto de interés espeleológico.

Algunos criterios elementales nos ayudan a comprobar la presencia de fallas en el campo, al igual que con el auxilio de los mapas topográficos:

- Cambio brusco de la dirección de los cauces fluviales.
- Carácter lineal del desarrollo de la red fluvial.
- Existencia de rupturas de las pendientes o cascadas en los cauces fluviales.
- Ocurrencia de manantiales a lo largo de una línea.
- Cambio brusco de la pendiente de un terreno.
- Alineamientos de las escarpas o farallones del terreno y de las formas negativas del relieve cársico.
- Límites lineales entre cuerpos geológicos de distinta composición.

Estudio de los pliegues

De acuerdo con sus características, los cuerpos rocosos que componen la corteza terrestre, al quedar sometidos a la acción de las fuerzas que originan las montañas o hunden los fondos oceánicos, además de fracturarse, pueden plegarse de muy diversas maneras. De hecho, los pliegues, las fallas y las grietas son distintas manifestaciones de la reacción de los cuerpos rocosos a la acción de las fuerzas que los afectan. Sin embargo, a los fines de nuestro libro de espeleología, el estudio de los pliegues no tiene la misma importancia que el de las grietas y fallas, aunque en algunos casos ellos determinan la geometría de las cavernas.

En un pliegue aislado se reconocen los siguientes elementos geométricos (Fig. 14): eje, plano axial, charnela y flancos. Tomando en cuenta la posición espacial del eje y del plano axial así como la forma del pliegue, han sido clasificados de distintos modos, pero no nos ocuparemos aquí de estos detalles. Nos bastará con saber que los pliegues se dividen en dos grandes grupos: los anticlinales y los sinclinales (Fig. 14).

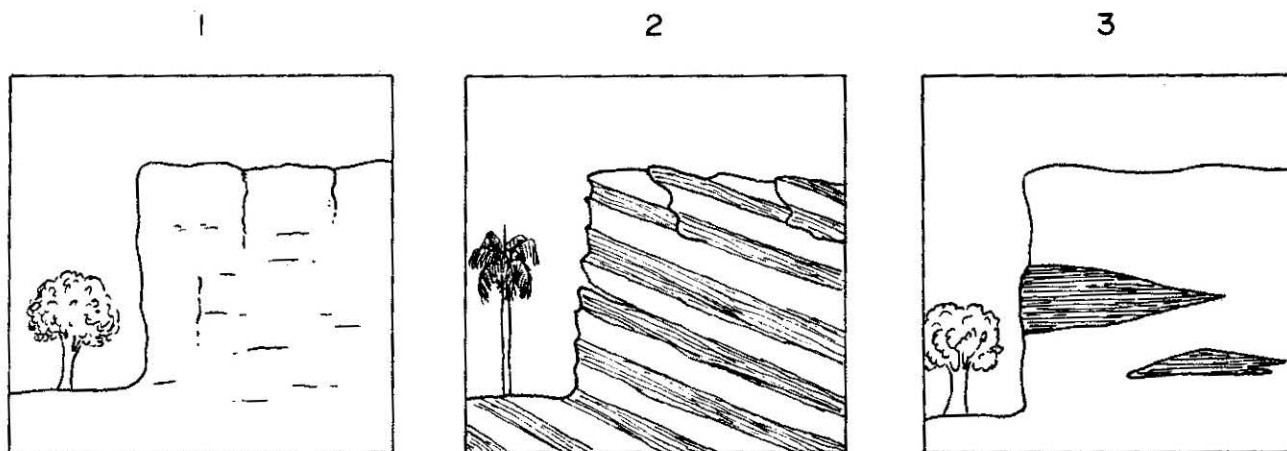
Un anticlinal es un pliegue en forma de cresta o arco convexo, en cuyo núcleo yacen las rocas más antiguas y en cuyos flancos se encuentran los sedimentos más jóvenes. Por el contrario, un sinclinal es un pliegue en forma de arco cóncavo en cuyo núcleo yacen las rocas más jóvenes y que presenta en sus flancos las rocas más antiguas. Por lo general, ambos tipos de pliegues aparecen asociados formando estructuras muy complicadas. Para representarnos un ejemplo de esto, basta que tomemos un pedazo de tela y lo coloquemos sobre una mesa sin estirarlo. Entonces observaremos el desarrollo lineal de pliegues como crestas (anticlinales) y surcos (sinclinales), de una manera análoga a como aparecen en la naturaleza.

Otros tipos de estructuras plegadas bastante comunes son los monoclinales y las flexuras (Fig. 14).

Es muy importante destacar que los pliegues son mucho más complejos, y es frecuente que se encuentren distintamente inclinados, acostados e incluso invertidos.

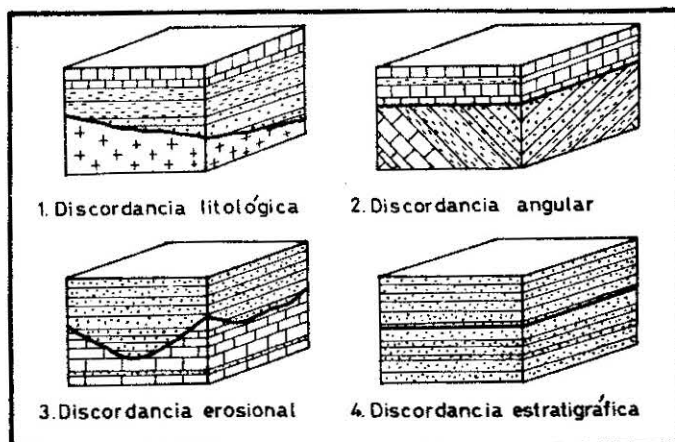
Algunos símbolos de uso común se muestran en las figuras 15, 16 y 17.

Fig. 5



Aspecto general de macizos rocosos: masivos (1), estratificados (2) y lenticulares (3), en un corte transversal.

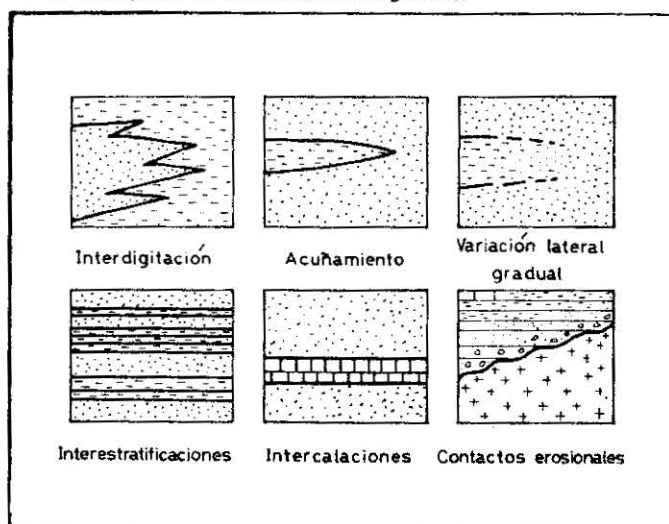
Fig. 6

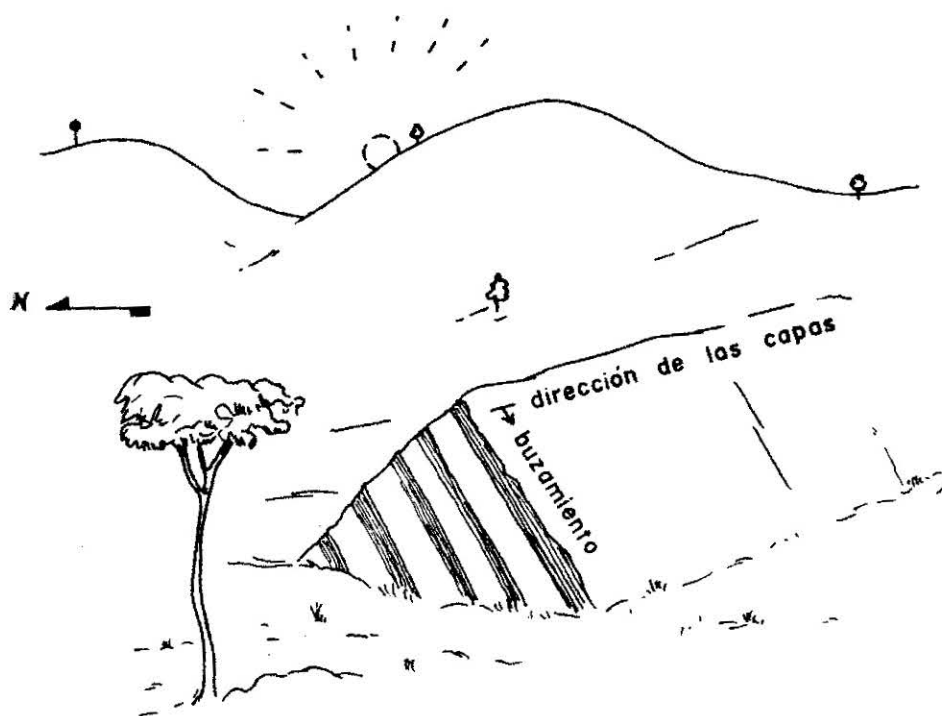


Tipos principales de discordancias estratigráficas.

Fig. 7

Tipos principales de relaciones estratigráficas.





Ejemplo de buzamiento de los estratos.

Fig. 8

Fig. 9 Laja de caliza con dos grietas, una con dirección al Nordeste (25°) y otra más antigua, desplazada ligeramente, de dirección Sudeste (155°). Se muestra la posición en que se coloca la brújula para medir el azimut de dirección de la primera grieta.

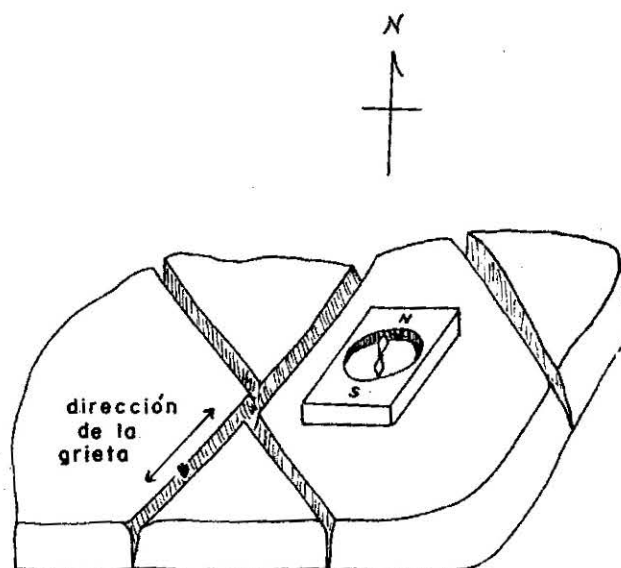
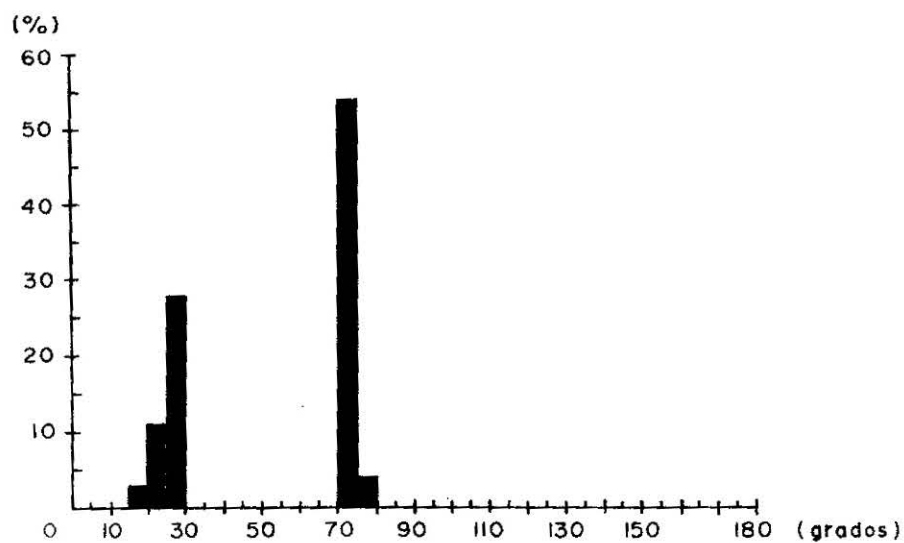


Fig. 10



Método de representación de los sistemas de grietas por medio de un gráfico cartesiano.

Fig. 11 Procedimiento para construir una rosa de agrietamiento:
1. Se traza la circunferencia con sus puntos cardinales; 2. Se sitúa la escala en por ciento; 3. Se plotean los puntos; 4. Se unen entre sí aquellos que están contiguos.

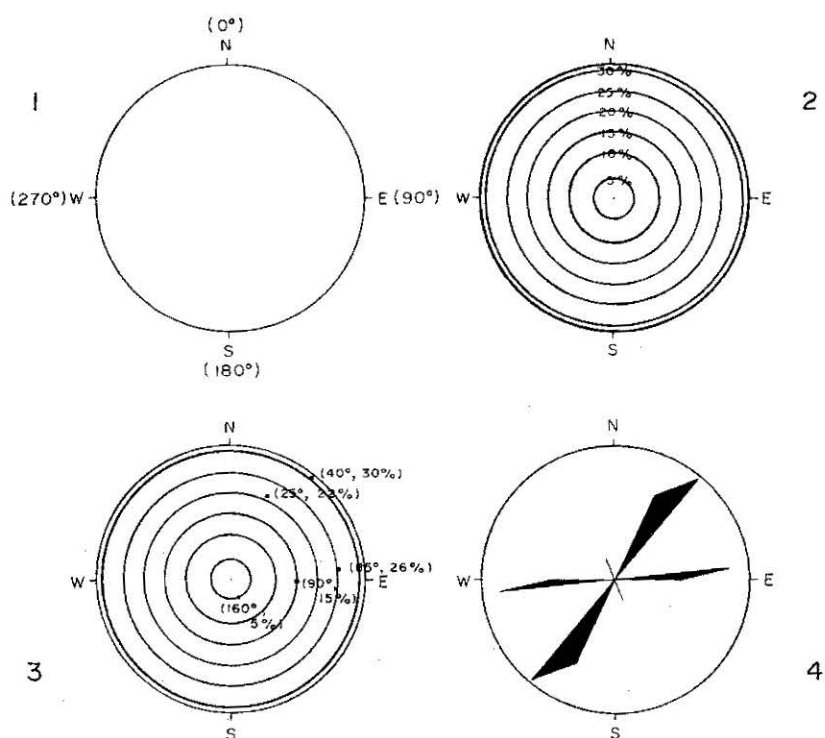


Fig. 12

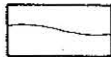

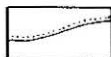

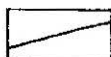
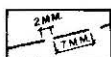


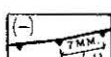
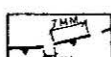

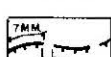

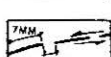
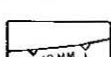
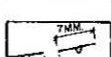
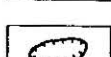
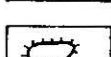












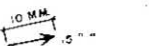














SIMBOLOS GEOLOGICOS Y TECTONICOS — Mapa 1:100 000				
	observado		supuesto	
Contacto concordante		0.25 MM.		0.25 MM.
Contacto transgresivo		0.25 MM.		0.25 MM.
Falla no clasificada		0.5 MM.		0.5 MM.
Falla normal		0.5 "		0.5 "
Falla inversa		0.5 "		0.5 "
Sobrecorrimiento		0.5 "		0.5 "
Falla por el rumbo		0.5 "		0.5 "
Flexura		0.35 MM.		0.35 MM.
Klippen		0.5 MM.		Ventana tectónica
	normal invertido vertical horizontal			
Yacencia de los estratos		0.25 MM.		
Yacencia de las estructuras planares primarias en rocas igneas		" "		
Esquistocidad sinmetamorfica		" "		
Fracturación intensa y esquistocidad		" "		
Dirección y vergencia de los ejes de pliegues		10 MM.		
Buzamiento del plano axial de los pliegues		10 MM.		
Fracturación leve y su yacencia		10 MM.		
Lineación en los cuerpos magmáticos		10 MM.		
Lineaciones secundarias		10 MM.		

Fig. 13

Representación elemental de algunas fallas: 1. Elementos integrantes; 2. Falla directa o normal; 3. Sobrecorrimiento; 4. Falla inversa; 5. Falla transcurrente.

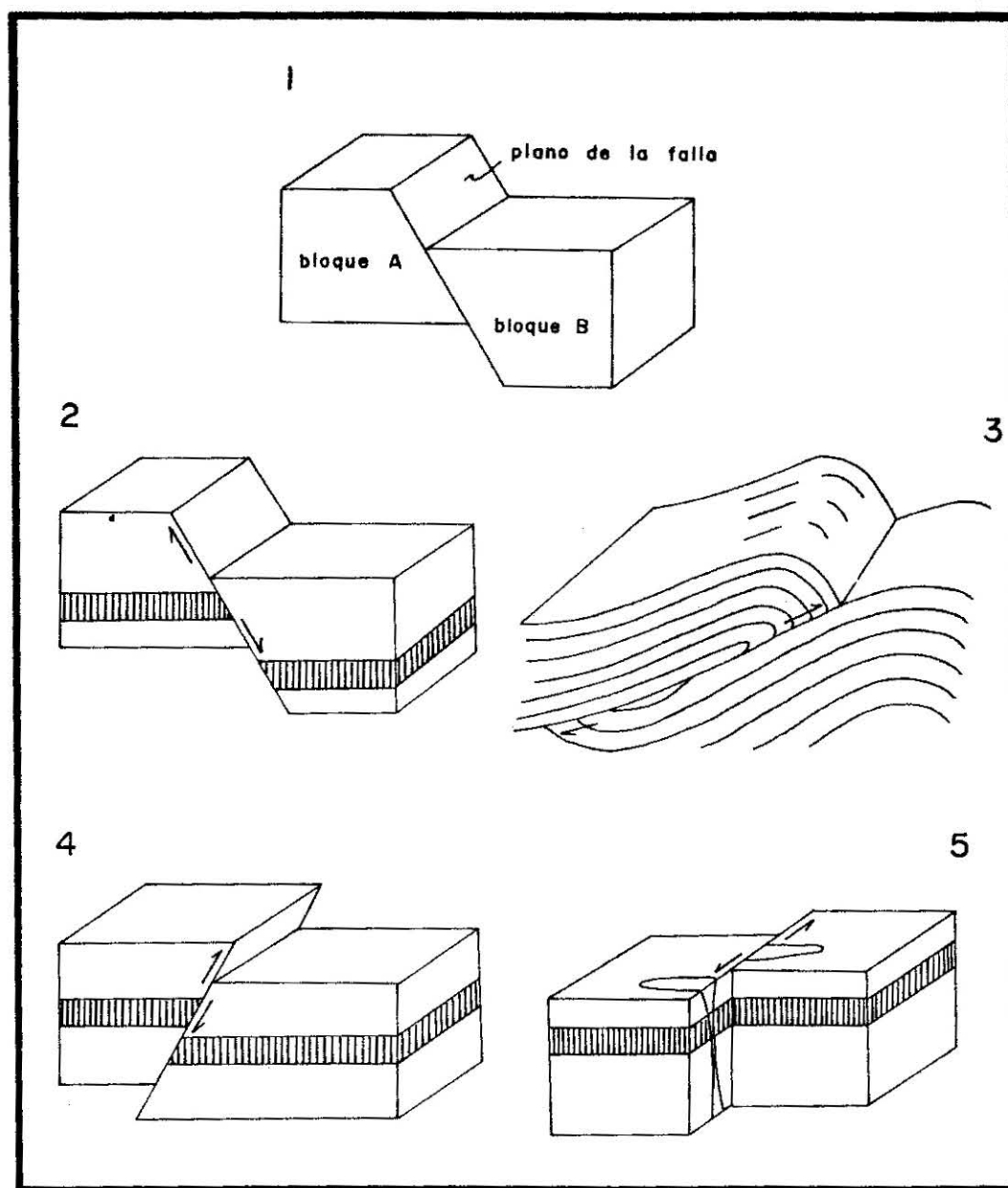
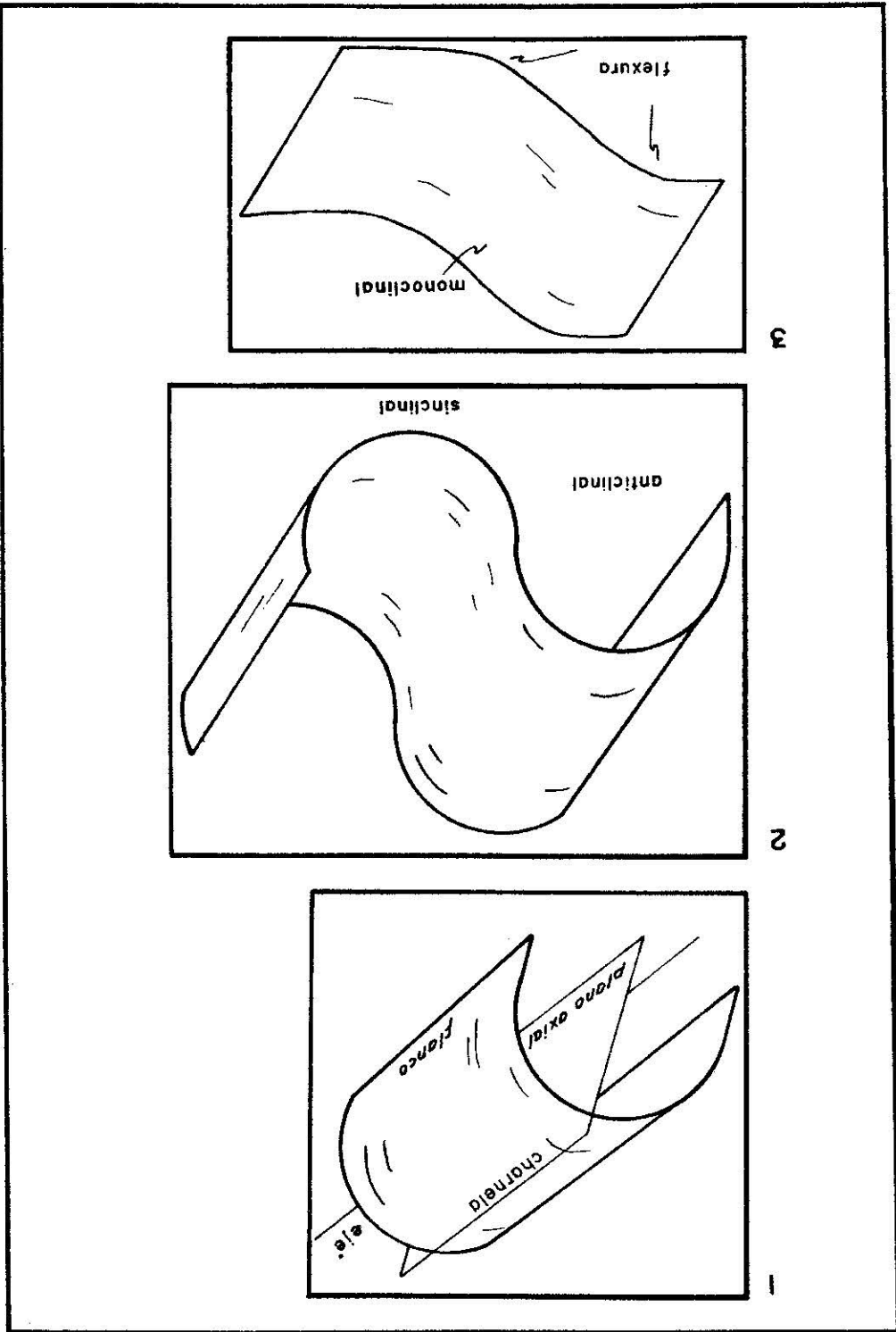


Fig. 14



Representación elemental de algunos pliegues sencillos.

Fig. 15

SIMBOLOS LITOLÓGICOS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS			
Caliza		Caliza organógena	
Caliza arenosa		Caliza clástica	
Caliza arcillosa		Marga	
Dolomita		Conglomerado	
Brecha		Conglomerado-brecha	
Arenisca		Aleurolita	
Argilita		Arcilla	
Silicita		Pedernal	
Arena		Turba	
Calcarenita		Yeso y anhidrita	
SÍMBOLOS GEOLÓGICOS PARA LOS PERFILES			
Concordancia		Discordancia	
Contacto no observado		Contacto tectónico	
Hiato y su duración		Superficie cársica	
Concreciones		Amonites	
Rudistas		Algas	
Corales		Moluscos	
Foraminíferos grandes			

Fig. 16

SIMBOLOS LITOLÓGICOS DE LAS ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS			
Peridotitas, Dunitas, Harzburgitas Piroxenitas	σ		violeta
Gabro troctolita	tv		verde oscuro
Gabros	v		verde oscuro
Troctolita y Anortosita bandeadas	bv		verde oscuro
Diorita	δ		verde medio
Granodiorita	δf		rojo
Granito	f		rojo
Plagiogranito o Leucogranito	f		rojo claro
Sienita	f		rosado
Dique de: Aplita Granito aplítico	L Lf		naranja brillante
Dique de: Pegmatita Pegmatita granítica	s sf		naranja brillante
Dique de: a) Pórfido granítico b) Pórfido diorítico	f' δ'		rojo claro intenso
Diques de Lamprofidos	x		azul intenso
Diques hidrotermales (se distinguen por su composición química)			azul intenso
Elementos de yacencia del dique			
OTROS SIMBOLOS			
Pozo profundo	©	$\frac{\text{Edad en la base}}{\text{Profundidad}}$	
Perfiles		A ————— A'	

Fig. 17

SIMBOLOS LITOLÓGICOS PARA LAS ROCAS EXTRUSIVAS						
		lava	toba	tufita		
Basaltos	β'				verde	
Diabasas	β''				verde	
Andesitas Porfiritas	α				verde	
Riolitas, liparitas pórfido cuarsífero	λ				rojo naranja	
Dacita	Γ				rojo naranja	
Traquita	τ				rojo naranja	
Fonolita	ν				naranja	
Lava brecha						
Toba aglomerado						
Tefroides:						
Psefítico			Psamítico		Aleurolítico	
Diques volcánicos						
Basaltos y andesito-basálticos			Andesítico		Riolítico y dacítico	
Cuellos y canales volcánicos			negro			
SIMBOLOS DE LAS ALTERACIONES SECUNDARIAS						
Zona hidrotermalmente alterada					todo en rojo	
Cuarcitas secundarias					rojo	
Zona de escarnización					contacto-negro y red en rojo	
Contacto intrusivo activo					contacto-negro puntos - rojos	
Contacto magmático cortante					rojo	