

Geología de Grado en Química. Prácticas

1. Reconocimiento de visu de minerales y rocas

**José Manuel Astilleros García-Monge. Sol López-Andrés.
Cristóbal Viedma Molero. Elena Vindel Catena.**

Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense.
c/ José Antonio Novais nº 2. 28040 Madrid.

jmastill@geo.ucm.es antares@geo.ucm.es viedma@geo.ucm.es evindel@geo.ucm.es

Fotógrafo
Miguel Ángel Miñón Pérez

Diseño gráfico
Carlos Aguilera Sevillano

Resumen: Con esta práctica se pretende iniciar a los alumnos en el reconocimiento de “visu” de minerales y rocas. Para ello se han seleccionado 20 minerales y 7 rocas, cuya identificación, por su abundancia en la corteza terrestre o por su interés geológico o económico, se considera imprescindible en Geología. Se explican las propiedades físicas necesarias para el reconocimiento de minerales y se indican las características que deben cumplir las rocas para su correcta identificación de “visu”. Se trata de una práctica eminentemente básica, orientada a estudiantes de primer curso de Grado en Química, que necesitan adquirir conocimientos elementales de Geología.

Palabras clave: Visu. Minerales. Rocas. Propiedades físicas.

PROPIEDADES PARA EL RECONOCIMIENTO DE VISU DE MINERALES

Para reconocer un mineral de “visu” hay que fijarse en las propiedades que se pueden reconocer a simple vista o mediante pruebas sencillas.

Color

El color es la primera propiedad física que se observa en un mineral. Algunos minerales presentan siempre el mismo color, por lo que constituye una propiedad importante para su determinación. Este sería el caso de la calcopirita, amarilla, de la malaquita, verde, de la azurita, azul o de la galena, gris. Sin embargo, otros muchos minerales presentan colores variados, como el cuarzo, berilo, fluorita, calcita o aragonito.

Forma o Hábito

Cuando un cristal crece en condiciones favorables y próximas al equilibrio (cristalización lenta, espacio suficiente para crecer, etc.) suele estar limitado por un conjunto de caras lisas que van a definir un determinado poliedro cristalino. Este poliedro puede estar constituido por una o varias **formas**. Se puede definir forma cristalina como el conjunto de caras equivalentes que se generan al actuar los elementos de simetría sobre cualquiera de ellas. Por ejemplo, los cristales de pirita (FeS_2) pueden estar constituidos por una única forma, como son el cubo (Fig. 1 A) o el piritoedro (Fig. 1 B), o por una combinación de estas u otras formas (Fig. 1 C).

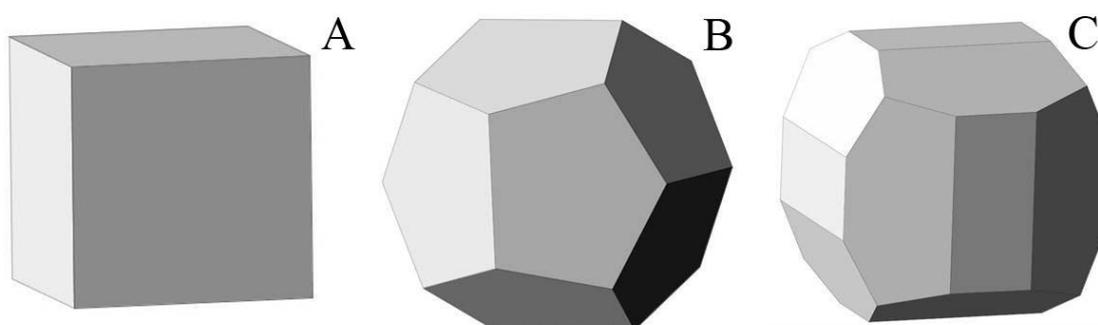


Figura 1. Algunas formas de la pirita. A. Cubo. B. Piritoedro. C. Combinación de cubo y piritoedro.

Un cristal poliédrico limitado por caras lisas y perfectamente formadas (**idiomorfo**) es poco frecuente en la naturaleza, puesto que lo habitual es que los minerales sean **subidiomorfos** o **alotriomorfos** (sin forma), pero en el caso de presentarla ésta es importante para su identificación.

El **hábito** es el desarrollo relativo del conjunto de caras de un cristal y depende de sus condiciones de crecimiento. Un mismo mineral puede presentar diferentes hábitos dependiendo de las condiciones en las que haya crecido (Fig. 2 A y 2 B). Por ejemplo, la estibina o antimonita cristaliza en prismas rómbicos si las condiciones son de equilibrio, pero en otras distintas tiende a formar cristales muy alargados, lo que se denomina hábito acicular o en agujas.

Brillo

El aspecto que presenta la superficie de un mineral cuando la luz se refleja sobre él se denomina **brillo**. Principalmente el brillo puede ser de dos tipos: brillo **metálico** (propio de minerales opacos como la pirita) y brillo **no metálico**, (lo presentan el 80% de los minerales como el cuarzo, al fluorita o la calcita). Entre los dos grupos no hay una separación clara y de algunos minerales se dice que tienen brillo **submetálico**. El brillo no metálico puede ser vítreo (el más común), adamantino, graso, céreo, sedoso, nacarado y otros.

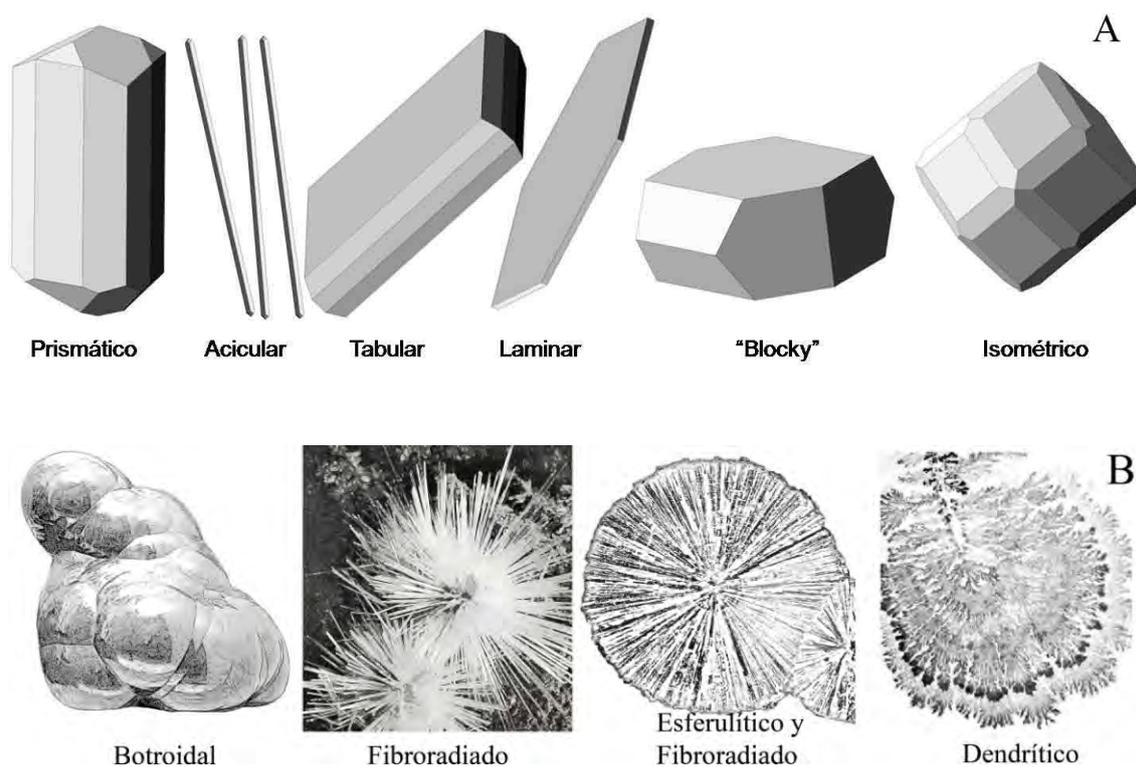


Figura 2. Hábitos cristalinos. A. Hábitos de monocristales. B. Hábitos de agregados cristalinos.

Densidad

El peso específico (G) de un mineral de composición determinada es constante y su determinación es, con frecuencia, importante en la identificación de un mineral. En el reconocimiento de "visu" al sostener el mineral en la mano es posible tener una idea de su densidad. Por ejemplo, el yeso ($G=2,32$) parece ligero en comparación con la baritina ($G=4,5$).

Dureza

La dureza (H) se define como la resistencia de un mineral a ser rayado. Su valor relativo se calcula comparando con otros minerales de dureza conocida. Esta dureza se establece entre 1 y 10 con minerales corrientes de dureza conocida y la estableció el mineralogista austriaco F. Mohs en 1824, y se denomina Escala de Mohs (Tabla 1).

Para establecer la dureza de un mineral con cierta aproximación se pueden aplicar las siguientes reglas sencillas:

- Un mineral tiene dureza 1 si tizna el papel o si es rayado por la uña (la uña tiene dureza aproximadamente igual a 2).
- Un mineral tiene dureza inferior a 5 si es rayado por la navaja ($H \leq 5$) o por un vidrio de ventana ($H \leq 5.5$).

- Un mineral tiene dureza mayor que 6 si raya al vidrio.
- Un mineral tiene dureza mayor que 7 si raya al cuarzo.

Índice de Mohs	Mineral
1	Talco
2	Yeso
3	Calcita
4	Fluorita
5	Apatito
6	Ortosa
7	Cuarzo
8	Topacio
9	Corindón
10	Diamante

Tabla 1. Escala de Mohs.

Exfoliación

La exfoliación es la rotura del mineral paralelamente a una cara real o posible del cristal, que suele ser una cara de índices sencillos. La exfoliación está relacionada con la estructura interna del cristal, así por ejemplo, las micas que tienen una estructura en capas con enlaces débiles entre ellas, presentan exfoliación perfecta en estas direcciones.

La exfoliación se puede describir en función de su calidad, perfecta, buena, imperfecta y de su dirección cristalográfica, cúbica {001}, octaédrica {111}, prismática {110} y otras.

No todos los minerales presentan exfoliación y solamente un pequeño tanto por ciento la muestra en grado eminente, pero en el caso de que la tenga, sirve como criterio decisivo de diagnóstico.

Fractura

Se entiende por fractura de un mineral a una rotura que, a diferencia de la exfoliación, no tiene relación alguna con la estructura interna del cristal. Es decir, el mineral se ha roto sin relación con direcciones cristalográficas preferentes. Según el aspecto que presente la superficie de rotura, se distingue:

- **Fractura concoidea**

Superficies curvas como la cara inferior de una concha, por ejemplo sílex, calcedonia.

- **Fractura fibrosa**

Cuando el mineral se rompe con entrantes y salientes puntiagudos, como una astilla.

- **Fractura irregular**

La más común y la que sucede según superficies irregulares.

Magnetismo

Se dice que un mineral es magnético cuando tiene la capacidad de ser atraído por el campo magnético de un imán. La magnetita y la pirrotina son los únicos minerales comunes que se atraen con un pequeño imán de bolsillo. Se llaman ferromagnéticos. Los paramagnéticos son atraídos por electroimanes potentes y son generalmente minerales de hierro y los diamagnéticos son repelidos por el imán. La mayoría de los minerales son diamagnéticos.

Fluorescencia y fosforescencia

Fluorescentes son aquellos minerales, como la scheelita o los minerales de uranio, que se hacen luminiscentes al ser expuestos a la acción de la radiación ultravioleta (lámpara de rayos UVA). Si la luminiscencia continua después de haber cortado la fuente de excitación se dice que el mineral es fosforescente. La fluorescencia es una propiedad imprevisible, así algunas muestras de un determinado mineral pueden presentarla y otros no. Por ejemplo, esto sucede con la fluorita.

RECONOCIMIENTO DE VISU DE MINERALES

Se han escogido 20 minerales que se consideran importantes por su abundancia o por sus propiedades físicas ó químicas. Estos minerales se van a estudiar agrupados por el grupo aniónico o clase mineralógica (Tabla 2).

Grupo aniónico	Nombre del Mineral	Fórmula
Elementos	Azufre	S
	Grafito	C
Sulfuros	Pirita	Fe ₂ S
	Galena	PbS
	Calcopirita	CuFeS ₂
Halogenuros	Fluorita	CaF ₂
	Halita	NaCl
Óxidos e Hidróxidos	Magnetita	Fe ₂ O ₃
	Goethita	FeOOH
Carbonatos	Calcita	CaCO ₃
	Aragonito	CaCO ₃
Sulfatos	Yeso	CaSO ₄ ·2H ₂ O
Nesosilicatos	Olivino	(FeMg)SiO ₄
	Granate	Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
Ciclosilicatos	Turmalina	NaFe ₃ Al ₆ (Si ₆ O ₁₈)(BO ₃) ₃ (OH) ₄
Inosilicatos	Hornblenda	NaCa ₂ (Mg,Fe) ₄ (Al,Fe)(Si ₃ AlO ₁₁) ₂ (OH) ₂
Filosilicatos	Biotita	K(Mg,Fe ²⁺)(Al,Fe ³⁺)Si ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂
	Moscovita	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂
Tectosilicatos	Cuarzo	SiO ₂
	Ortosa	KAlSi ₃ O ₈

Tabla 2. Relación de minerales estudiados en esta práctica.

Azufre

Hábito: cristales piramidales, bipiramidales o combinación de ambos (Fig. 3). Normalmente en masas irregulares, como incrustaciones y terroso.

Color: amarillo.

Brillo: graso o sedoso.

Dureza: 1,5 a 2,5.

Densidad: 2,07 g/ cm³.

Fractura: concoidea.



Figura 3. Cristales de azufre.

Grafito

Hábito: cristales laminares (Fig. 4), siendo frecuentes los agregados hojosos, escamosos y radiados.

Color: gris plomo.

Brillo: submetálico.

Dureza: 1 a 2.

Densidad: 2,23 g/ cm³.

Otras características: Tizna el papel y los dedos.



Figura 4. Grafito.

Pirita

Hábito: son típicos los cubos más o menos equidimensionales (Fig. 5), el octaedro y el pentagonododecaedro o piritoedro y los agregados masivos granudos.

Color: amarillo latón.

Brillo: Metálico.

Dureza: 6 a 6,5.

Densidad: 5,02 g/cm³.

Otras características: normalmente presenta alteración superficial a limonita (mezcla de oxi-hidróxidos de hierro).

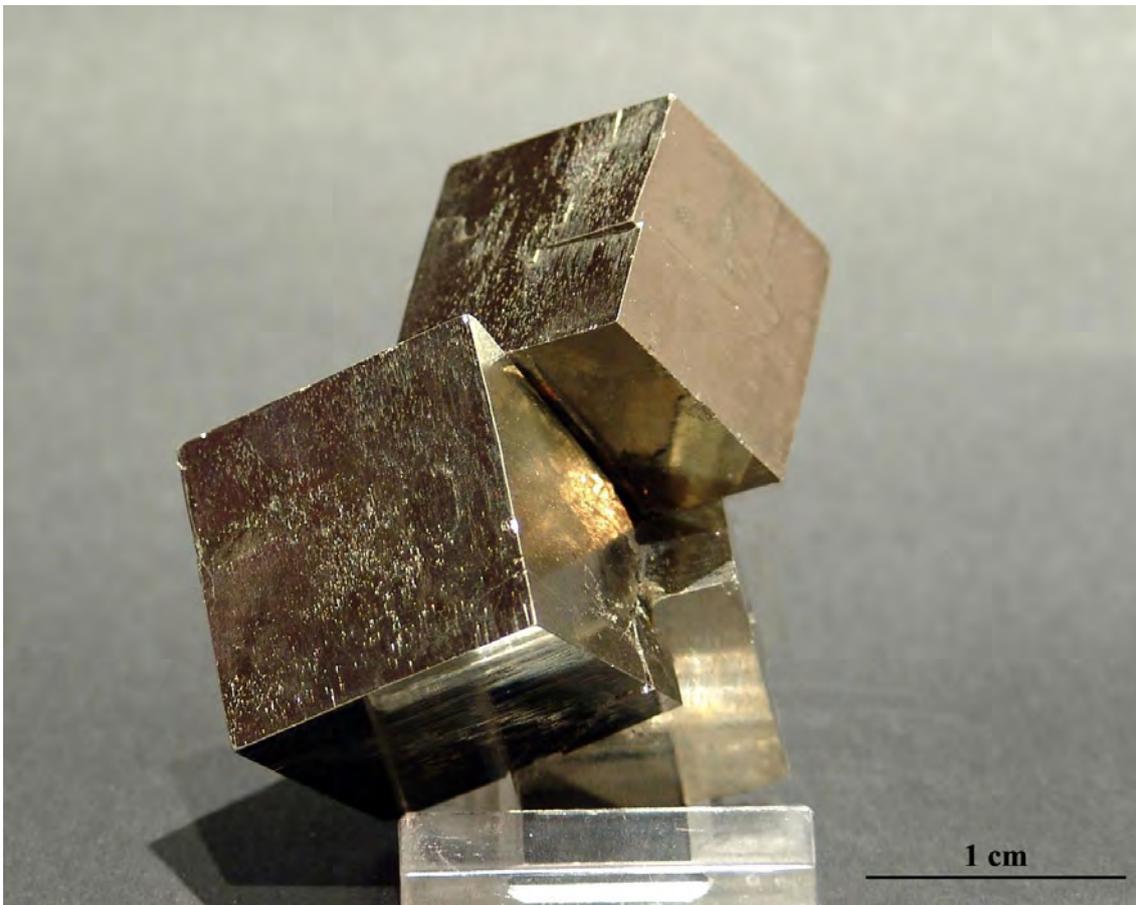


Figura 5. Cubos de pirita.

Galena

Hábito: la forma más corriente de presentarse es el cubo, con aristas biseladas o vértices truncados (Fig. 6).

Exfoliación: cúbica muy evidente.

Color: gris plomo.

Brillo: metálico.

Dureza: 2.

Densidad: 7,5 g/cm³.



Figura 6. Cristales de galena.

Calcopirita

Hábito: son muy raros los cristales bien formados, normalmente se presenta en agregados masivos (Fig. 7).

Color: amarillo latón a amarillo verdoso.

Brillo: metálico.

Dureza: 3,5 a 4.

Densidad: 4,3 g/cm³.

Otras características: se altera superficialmente con cierta facilidad, dando pátinas irisadas.



Figura 7. Calcopirita masiva

Fluorita

Hábito: cristales con forma de cubo (Fig. 8 A) u octaedro (Fig. 8 B) bien formados y agregados masivos, compactos o granulares.

Exfoliación: octaédrica perfecta.

Color: muy variado, desde incoloro a violeta (Fig. 8 C), verde o amarillo (Fig. 8 D).

Brillo: vítreo.

Dureza: 4.

Densidad: 3,18 g/cm³.

Otras características: en algunos casos puede ser fluorescente.



Figura 8. Fluorita: A. Cubos biselados. B. Octaedro. C. Agregados de cubos de fluorita violeta. D. Agregados de cristales cúbicos de fluorita amarilla y calcita blanca.

Halita

Hábito: en cristales cúbicos (Fig. 9) y en agregados masivos microcristalinos.

Color: normalmente incolora o blanca, a veces azul o amarillo.

Raya: blanca.

Brillo: de vítreo a mate.

Dureza: 2 a 2,5.

Densidad: 2,16 g/cm³.

Otras características: sabor salado.



Figura 9. Agregado de cubos de halita.

Magnetita

Hábito: cristales octaédricos (Fig. 10) y agregados masivos y granudos compactos, también en arenas sueltas magnéticas.

Color: negro.

Brillo: metálico.

Dureza: 5 a 6,5.

Densidad: 5,2 g/cm³.

Otras características: fuertemente magnética.



Figura 10. Cristales de magnetita.

Goethita

Hábito: generalmente masivo, pero también botroidal (Fig. 11), estalactítico y oolítico.

Color: negro, pardo o amarillento.

Brillo: de adamantino a terroso mate.

Dureza: 5 a 5,5.

Densidad: 4,37 g/cm³.



Figura 11. Agregado botroidal de goethita.

Calcita

Hábito: es el mineral que presenta una mayor variedad de formas y hábitos: escalenoedros agudos (Fig. 12), romboedros, formas masivas espáticas, fibrosas, columnares, estalactíticas, granulares y pulverulentas. Son frecuentes los cristales maclados.

Color: de incoloro transparente (espató de Islandia) a blanco. La presencia de impurezas proporciona distintas coloraciones.

Brillo: Vítreo.

Dureza: 3.

Densidad: $2,71 \text{ g/cm}^3$.



Figura 12. Escalenoedros agudos de calcita.

Aragonito

Hábito: cristales prismáticos rómbicos (Fig. 13) sencillos o con macla múltiple dando un aspecto de prisma hexagonal. También agregados coraloides, fibrosos, fibrosorradiados o estalactíticos.

Color: blanco el más frecuente, pero también violáceo, marrón, negro, azul o verde.

Brillo: Vítreo.

Dureza: 3,5 a 4.

Densidad: 2,94 g/cm³.



Figura 13. Cristales prismáticos de aragonito.

Yeso

Hábito: cristales tabulares que pueden llegar a un tamaño considerable. Son frecuentes los agregados de cristales lenticulares, llamados rosas del desierto (Fig. 14 A). También se encuentra en masas espáticas o micáceas transparentes, variedad selenita (Fig. 14 B), masivo o granudo microcristalino (alabastro). Son frecuentes las formas fibrosas y las maclas en punta de flecha.

Color: incoloro, blanco, gris; diversas tonalidades de amarillo a rojo castaño a causa de impurezas.

Brillo: vítreo y sedoso en los cristales y nacarado en superficies de exfoliación.

Dureza: 2.

Densidad: 2,32 g/cm³.

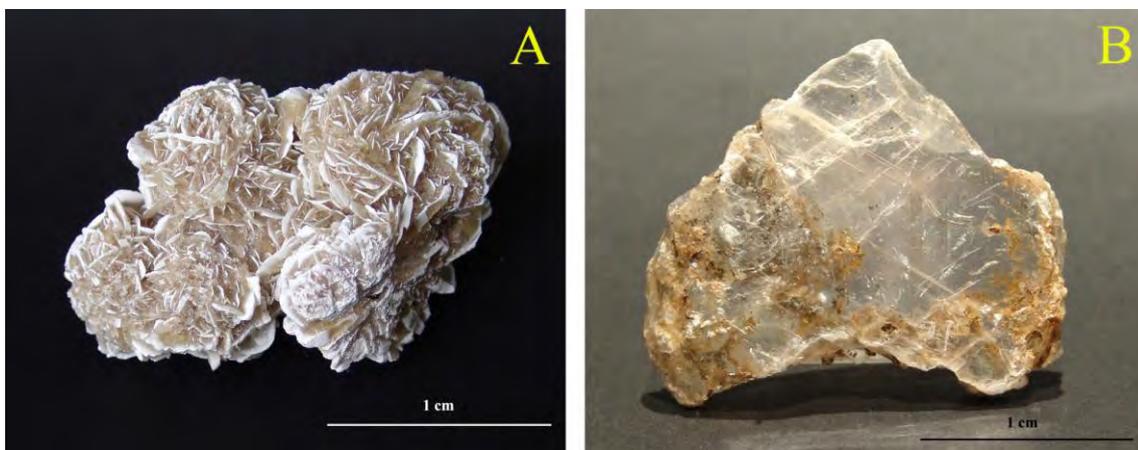


Figura 14. Yeso. A. Rosa del desierto. B. Cristal transparente de yeso variedad selenita.

Olivino

Hábito: cristales equidimensionales (Fig. 15) de hábito prismático.

Color: de verde oliva a amarillento.

Dureza: 6,5.

Densidad: 3,27 a 4,20 g/cm³.

Exfoliación: no presenta.

Fractura: concoidea, irregular.

Otras características: se altera a iddingsita, de color rojo.



Figura 15. Agregado granular de cristales de olivino incluido en roca volcánica. Parque Nacional de Timanfaya, Lanzarote, Canarias.

Granate

Hábito: cristales equidimensionales (Fig. 16) o redondeados, los más comunes son rombododecaedros, trapezoedros o combinación varios de ellos.

Color: varía según la especie de granate, los más frecuentes son rojos oscuros o pardo rojizos.

Dureza: 7-7,5.

Densidad: 3,58 a 4,32 g/cm³ según las especies.

Exfoliación: no presenta.

Fractura: irregular.



Figura 16. Cristal poliédrico de granate.

Turmalina

Hábito: cristales prismáticos, a menudo en sección transversal en triángulo curvilíneo debido al predominio del prisma triangular. Son comunes las caras estriadas (Fig.17).

Color: variable según la composición. Las variedades ferríferas, chorlo, son negras (Fig.17 A) o verdosas como la verdelita (Fig. 17 B), las magnésicas son castañas (dravita) y las manganesíferas rosas como la rubelita (Fig. 17 C). Son frecuentes los zonados de color (Fig. 17 D).

Dureza: 7.

Densidad: 3 a 3,25 g/cm³.

Exfoliación: No presenta.

Fractura: concoidea.

Otras características: Presenta efecto piroeléctrico y piezoeléctrico.

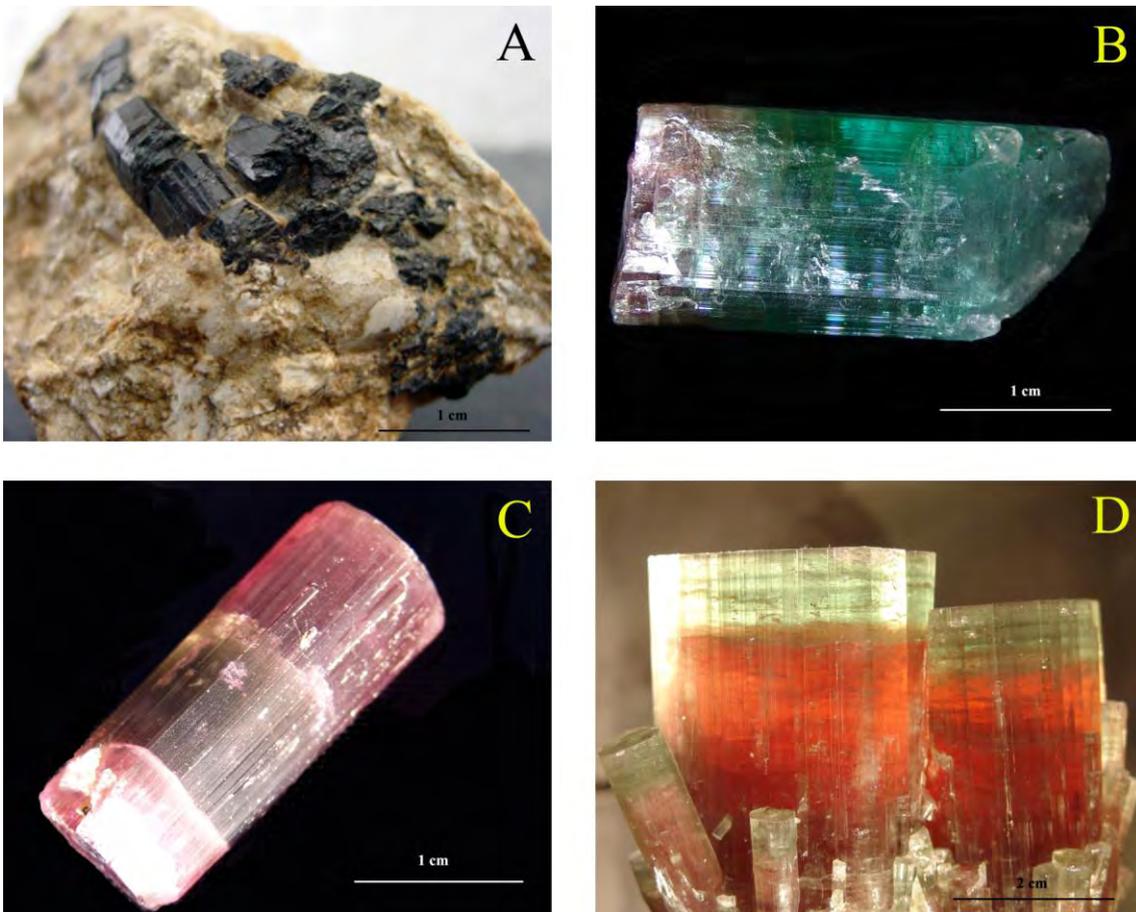


Figura 17. Variedades de turmalina: A. Chorlo. B. Verdelita. C. Rubelita. D. Turmalina zonada.

Hornblenda

Hábito: cristales prismáticos alargados (Fig. 18), también aciculares o fibrosos en agregados paralelos.

Color: verde oscuro a negro.

Dureza: 5-6.

Densidad: 3 a 3,4 g/cm³.

Exfoliación: perfecta según el prisma vertical.



Figura 18. Cristales prismáticos de hornblenda.

Biotita

Hábito: rara vez cristales tabulares de contorno hexagonal. Comúnmente aparece en laminillas diseminadas o en agregados laminares (Fig. 19).

Color: oscuro, de pardo a negro.

Dureza: 2,5-4.

Densidad: 2,8 a 3,2 g/cm³

Exfoliación: basal perfecta.

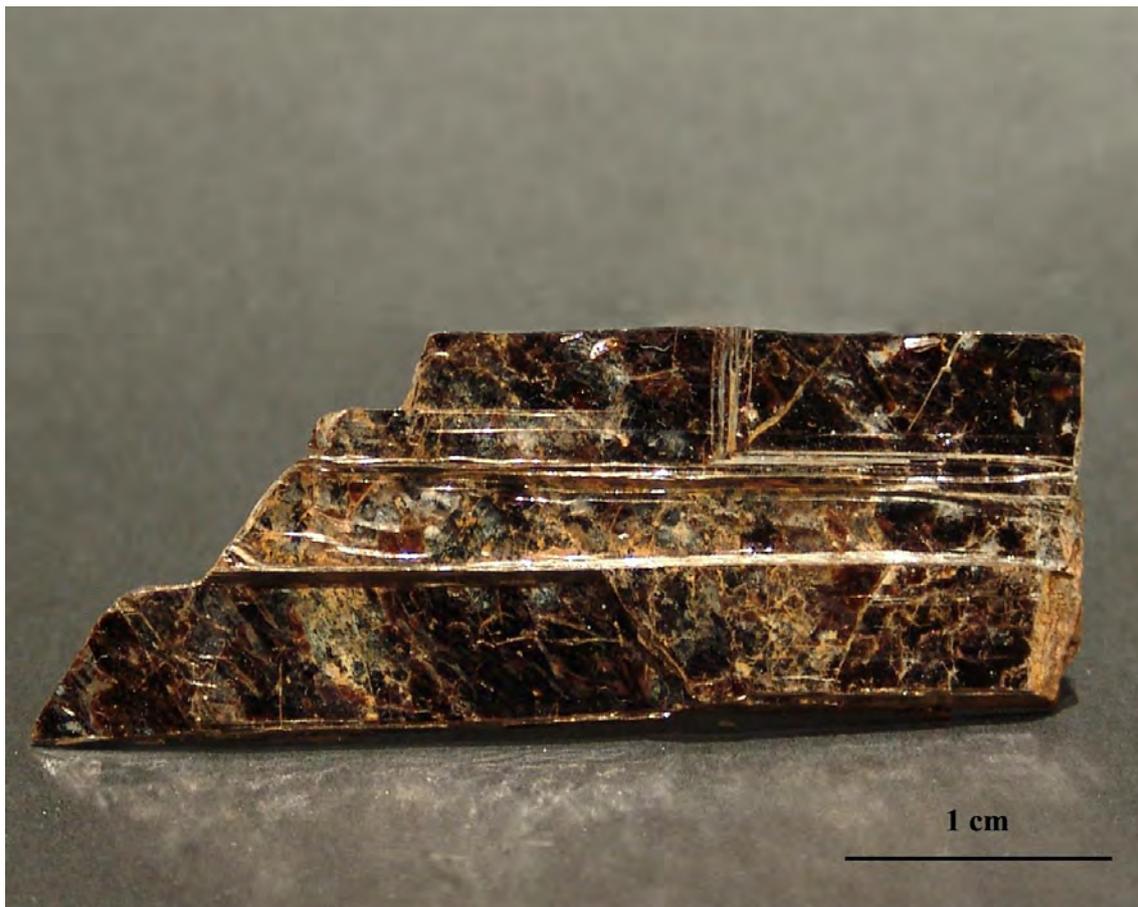


Figura 19. Agregado laminar de biotita.

Moscovita

Hábito: cristales tabulares de contorno hexagonal. Agregados foliáceos, escamosos y laminares (Fig. 20).

Color: blanco plateado.

Dureza: 2,5 en la dirección de exfoliación y 4 perpendicular a ella.

Densidad: 2,76 a 2,88 g/ cm³.

Exfoliación: basal perfecta.



Figura 20. Agregado laminar de moscovita.

Cuarzo

Hábito: cristales bien formados o en masas compactas criptocristalinas. Los cristales son generalmente prismas hexagonales, terminados en dos romboedros que simulan una bipirámide hexagonal. Las maclas son comunes, como por ejemplo la macla según la Ley del Japón {1122} (Fig. 21 A).

Color: usualmente es blanco, pero en la práctica puede presentar todas las tonalidades según las variedades, como el cuarzo rosa (Fig. 21 B). Cuando es puro es incoloro y se denomina cristal de roca (Fig. 21 C). La variedad criptocristalina bandeada es conocida como ágata (Fig. 21 D).

Dureza: 7.

Densidad: 2,65 g/cm³.

Exfoliación: No presenta.

Fractura: Fractura concoidea.

Otras características: Presenta efecto piroeléctrico y piezoeléctrico.

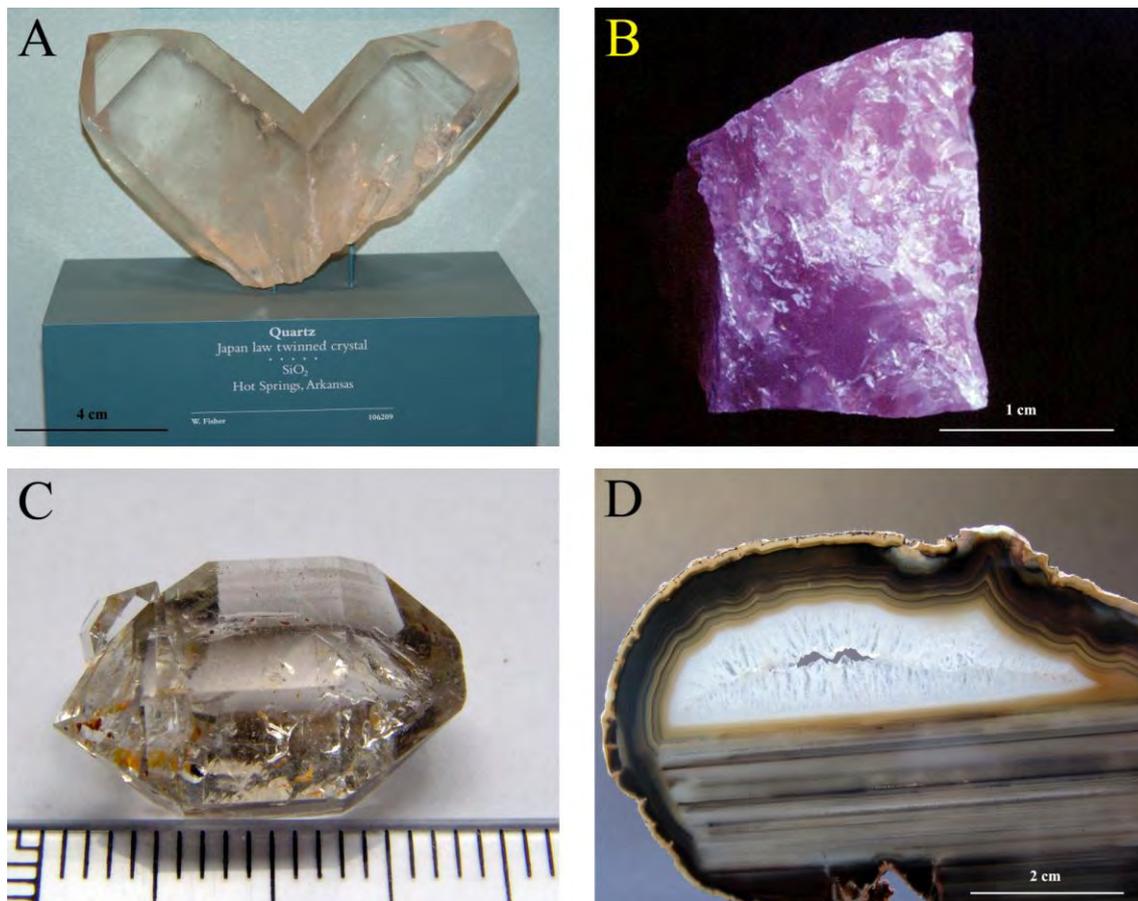


Figura 21. Variedades de sílice: A. Cristales de cuarzo maclados según la Ley del Japón. B. Cuarzo rosa. C. Cristal de roca. D. Ágata con cristales de cuarzo en el centro.

Ortosa

Hábito: Prismas cortos, algo aplastados (Fig. 22), frecuente y típicamente maclados según la Ley de Carlsbad (planos de composición (010)). Menos comunes son las maclas por contacto según la Ley de Manebach y Baveno.

Color: A menudo incoloro o blanco, pero también puede ser amarillento o rosado.

Dureza: 6.

Densidad: 2,56 g/ cm³.

Exfoliación: según dos planos ortogonales (Origen del nombre de ortosa).



Figura 22. Cristales de ortosa.

RECONOCIMIENTO DE VISU DE ROCAS

Las rocas están constituidas por agregados de minerales. Son extraordinariamente raras las rocas monominerales. Por lo tanto, para identificar una roca es necesario determinar:

- Especies minerales presentes.
- Relación y proporciones cuantitativas entre minerales.
- Textura de la roca: forma, orientación y tipo de contacto entre los granos minerales.
- Estructura de la roca: conjunto de caracteres observables a mayor escala.

El reconocimiento de “visu” en rocas de grano fino puede ser complejo y para realizar su identificación hay que recurrir necesariamente a técnicas de laboratorio tales como el microscopio petrográfico o la difracción de rayos-X. Para esta práctica se han seleccionado 7 rocas clasificadas en ígneas, metamórficas y sedimentarias. En la tabla 3 se indican el nombre, tipo y los minerales principales que contienen.

Tipo de roca	Nombre	Minerales principales
Ígnea plutónica	Granito	Cuarzo, Feldespato potásico, Plagioclasa, Biotita
Ígnea volcánica	Basalto	Plagioclasa, Piroxeno
	Andesita Obsidiana	Plagioclasa, Biotita, Hornblenda
Metamórfica	Gneis	Feldespato potásico, Plagioclasa, Biotita, Moscovita, Cuarzo
Sedimentaria detrítica	Conglomerado	Variable
Sedimentaria química	Caliza	Calcita

Tabla 3.- Relación de rocas estudiadas en esta práctica

Granito

Quimismo: ácido.

Minerales:

- ✓ Principales: cuarzo, feldespato potásico (ortosa, microclina), plagioclasa (albita-oligoclasa), biotita.
- ✓ Accesorios: apatito, moscovita, hornblenda, granate.

Color: blanco, gris claro, rosado, amarillento (Fig. 23).

Textura: holocristalina equigranular, en ocasiones el feldespato potásico puede presentarse en cristales de mayor tamaño que el resto de los minerales dando lugar a una textura porfídica.



Figura 23. Granito. Destacan cristales negros de biotita.

Basalto

Quimismo: básico.

Minerales:

- ✓ Principales: plagioclasa (labradorita-anortita), piroxeno.
- ✓ Accesorios: olivino, hornblenda, vidrio, biotita, ilmenita, magnetita.

Color: desde pardo, incluso rojizo por oxidación a muy oscuro, incluso negro.

Textura: matriz vítrea o formada por granos generalmente pequeños (no observables de a simple vista) con algunos cristales visibles de piroxeno, plagioclasa y olivino (Fig. 24).

Estructura: Frecuentes lavas almohadilladas (textura globosa), fracturas columnares, superficie vacuolar (huecos, a veces rellenos de minerales).

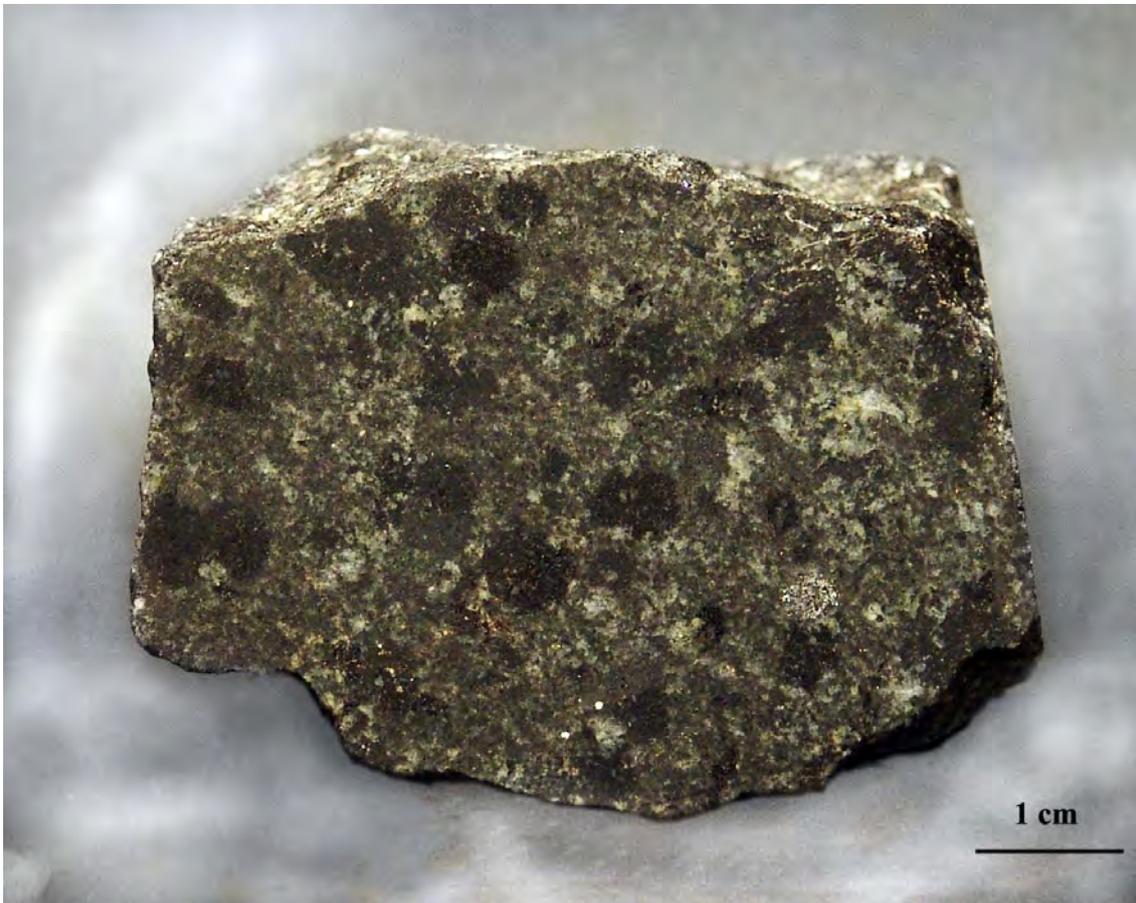


Figura 24. Basalto. Se observan cristales sobre una matriz vítrea.

Andesita

Quimismo: intermedio.

Minerales:

- ✓ Principales: plagioclasa, biotita, hornblenda.
- ✓ Accesorios: cuarzo, vidrio, piroxeno, ortosa.

Color: pardo algo verdoso.

Textura: marcadamente porfídica, en la que destacan cristales de plagioclasa, biotita u hornblenda (Fig. 25) en una matriz criptocristalina. En otros casos presenta textura de grano muy fino, formada por minerales sólo observable al microscopio.



Figura 25. Andesita. Se observan cristales prismáticos de hornblenda sobre una matriz de grano fino.

Obsidiana

Quimismo: Variable.

Componentes: vidrio volcánico, muy ocasionalmente algún mineral accesorio.

Color: negro brillante.

Textura: cristalina con escasos microcristales.

Estructura: Fracturas concéntricas llamada también fisuración perlítica (Fig. 26).

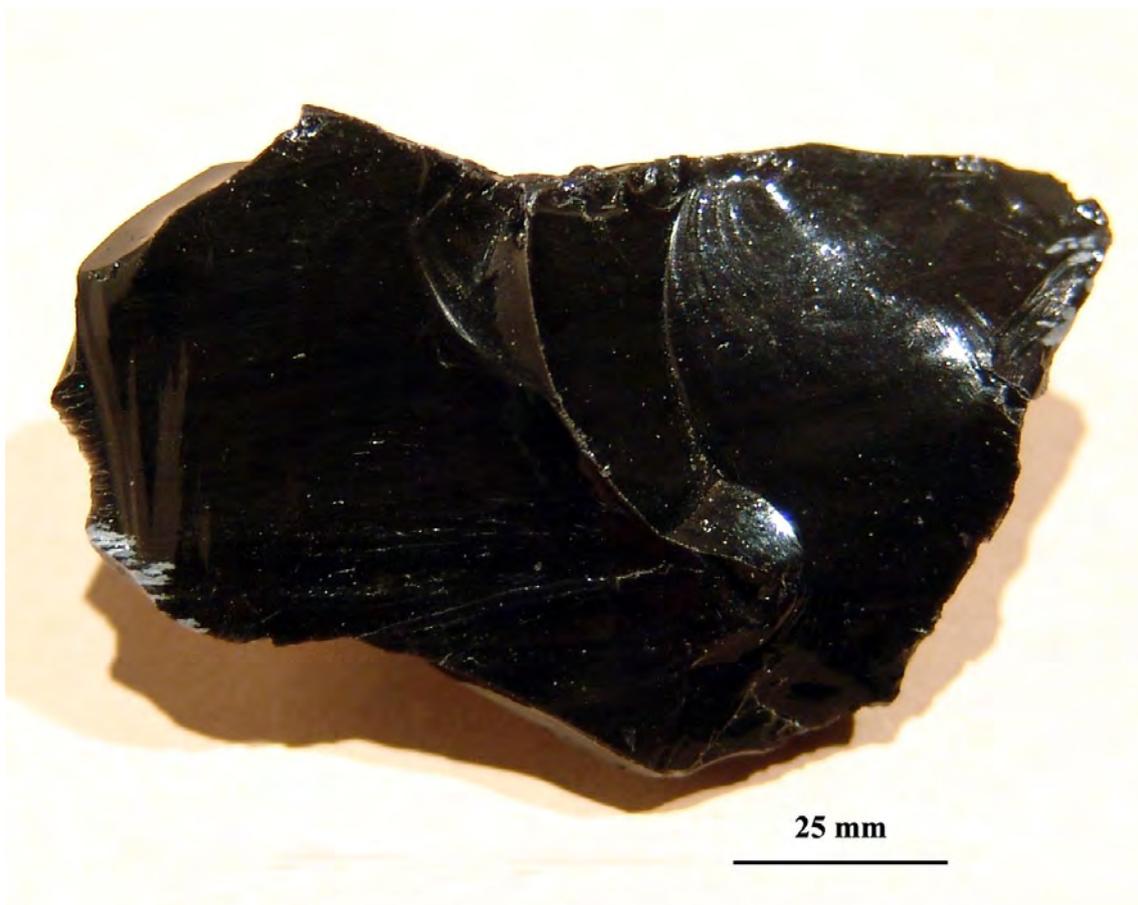


Figura 26. Obsidiana. Destaca la fracturación concéntrica.

Gneis

Minerales:

- ✓ Principales: feldespato potásico, plagioclasa, biotita, moscovita.
- ✓ Accesorios: cuarzo, apatito, circón, clorita cordierita, granate, sillimanita, hornblenda.

Color: alternancia de bandas de minerales claros, tales como feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo, con minerales oscuros como la biotita (Fig. 27).

Textura: de granoblástica a porfidoblástica.

Estructura: bandeada.



Figura 27. Gneis. Obsérvese el bandeado formado por biotitas oscuras y minerales claros como feldespatos y cuarzo.

Conglomerado

Componentes: cantos, que pueden proceder de rocas de un solo tipo o de varios y/o minerales, en una matriz frecuentemente arenosa con cemento calcáreo arcilloso. Cuando más de la mitad de los cantos son angulosos el conglomerado recibe el nombre de brecha (Fig. 28).

Color: variable, blanco, pardo, rojizo y distribuido de forma irregular.

Estructura: cantos rodados (>4mm) y bloques repartidos en una matriz de grano mas fino. Los cantos pueden estar orientados. No suelen tener fósiles.



Figura 28. Brecha en la que resaltan cantos angulosos sobre un cemento enrojecido por la presencia de óxidos de Fe.

Caliza

Componentes: mayoritariamente calcita. A veces dolomita, óxidos de hierro, pigmentos carbonosos, arcillas.

Color: muy variable, blanco, amarillento (Fig. 29 A), rosa, rojo por la presencia de óxidos de hierro, gris o negro por los pigmentos carbonosos o bituminosos y distribuido de forma irregular.

Estructura: compacta. A veces se observa estratificación (Fig. 29 B).

Identificación: efervescencia con la acción de HCl diluido en frío. Frecuente presencia de fósiles.

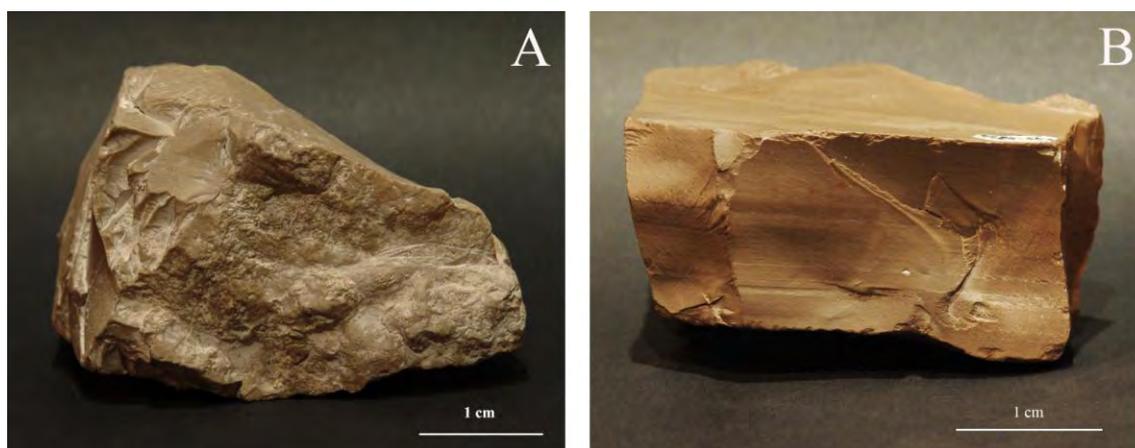


Figura 29. Caliza: A. Caliza. B. Caliza en la que se observa una ligera estratificación.

PROCEDENCIA DE LOS MINERALES Y ROCAS FOTOGRAFIADOS

Las muestras de minerales y rocas proceden de la colección privada de E. Vindel (Figs. 4, 5, 6, 8 A-B-C-D, 9, 10, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21 B-C-D) y de las colecciones de la Smithsonian Institution de Washington, USA (Figs. 3, 11, 12, 17 D, 21 A), del Museo de Ciencias Naturales de Londres (Figs. 17 B-C), del Museo de Ciencias Naturales de Vitoria, Álava (Fig. 22) y de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (Fig. 7, 17 A, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29).

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Klein, C. y Hurlbut, C. S. 2006. "Propiedades Físicas de los Minerales". En: *Manual de Mineralogía; basado en la obra de J. DANA (4ª Edición)*, Tomo I. Editorial Reverté. 368 pp.

Medenbach, O y Sussieck-Fornefeld, C. 2005. *Minerales*. Editorial Blume. 287pp.

Mollfulleda, J. 1996. *Minerales. Descripción y clasificación*. Manuales de coleccionista. Editorial Omega. 713pp.

Mottana, A.; Crespi, R. y Liborio, G. 2003. *Minerales y Rocas*. Editorial Grijalbo. 605pp.

Schumann, W. 2004. *Guía de minerales y de las piedras preciosas*. Editorial Omega. 381pp.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Guía interactiva de minerales y rocas. ETSI de Montes (UPM).

<http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/edafologia/guia/indice.html>

Crista-Mine. Curso de Cristalografía, Mineralogía y Gemología. Facultad de Ciencias (UNED) y ETSI de Minas (UPM).

<http://www.uned.es/cristamine/inicio.htm>

Handbook of Mineralogy. Mineralogical Society of America.

<http://www.handbookofmineralogy.org/search.html?p=all>

Mindat.org-the mineral and locality database.

<http://www.mindat.org/>

Recibido: 8 enero 2010.

Aceptado: 15 febrero 2010.