

La evolución de la clasificación de los minerales

Trabajo Fin de Máster de Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas en la especialidad de Biología y Geología.

2012 – 2013



Universidad de Valladolid

Alumna: Cristina Torrego Martín

Profesor/tutor: Alejandro del Valle González

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- LOS MINERALES Y EL CURRÍCULO OFICIAL EN EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO.....	2
3.- MARCO LEGAL.....	4
4.- UNIDAD DIDÁCTICA 6 “LA EVOLUCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES”	6
4.1.- INTRODUCCIÓN	6
JUSTIFICACIÓN	6
CONOCIMIENTOS PREVIOS	7
VINCULACIÓN CON EL CURRÍCULUM.....	8
TEMPORALIZACIÓN.....	12
4.2.- OBJETIVOS DE APRENDIZAJE U OBJETIVOS DIDÁCTICOS	12
4.3.- CONTENIDOS.....	13
4.4.- COMPETENCIAS BÁSICAS.....	14
4.5.- ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y METODOLÓGICAS.....	16
4.6.- ORGANIZACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA Y LOS RECURSOS NECESARIOS.....	17
4.7.- ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE	18
4.8.- LA EVALUACIÓN	26
EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES DE LOS ALUMNOS ...	26
EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA.....	28
4.9.- ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD.	29

5.- EJECUCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA EN 3ºB DE ESO EN EL IES EMILIO FERRARI DE VALLADOLID.....	30
6.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	52
7.- ANEXOS	91
ANEXO I. La aparición de la metalurgia y la minería	92
ANEXO II. El coltán un “mineral” estratégico.....	95
8.- BIBLIOGRAFÍA	99

“LA EVOLUCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES”

1.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende aplicar y desarrollar los conocimientos y capacidades adquiridos en el seno del Máster de Profesorado.

La Unidad Didáctica llevada a cabo para la realización de este trabajo se titula “La Evolución de la Clasificación de los Minerales”. Dicha unidad pretende hacer comprender a los alumnos el mundo que les rodea, a través del estudio de los minerales, y como los distintos descubrimientos y avances tecnológicos, que se han producido a lo largo de los tiempos, han condicionado y condicionan nuestra vida.

Durante este trabajo se van a desarrollar: Los minerales y el currículo oficial en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Relación de leyes para la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Desarrollo de la Unidad Didáctica “La evolución de la clasificación de los minerales” para 3º de Educación Secundaria Obligatoria, Descripción de la Unidad Didáctica diseñada para 3ºB de ESO del Instituto de Educación Secundaria Emilio Ferrari en Valladolid y Fundamentación teórica imprescindible para el profesor en el desarrollo de la presente Unidad Didáctica.

2.- LOS MINERALES Y EL CURRÍCULO OFICIAL EN EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO.

El tema tratado en el presente trabajo es “La evolución de la clasificación de los minerales” y su relación con el currículo sería:

Educación Secundaria Obligatoria

Podría adaptarse a cualquier curso, ya que, no sólo persigue adquirir unos conocimientos específicos en el campo de los minerales; sino, que pretende que los alumnos entiendan como se construye el conocimiento y su interdisciplinariedad y el papel que juega el científico en este proceso, desarrollando las 8 competencias básicas que marca el currículo que deben desarrollar los alumnos durante la Educación Secundaria Obligatoria. Según los diferentes cursos la unidad didáctica se encuadraría:

- En **1º de ESO**, sería abordado después del bloque “Materiales Terrestres” en la asignatura Ciencias de la Naturaleza, donde se desarrollan el concepto de mineral y roca, clasificación de minerales y la importancia y utilidad de los minerales.
- En **2º de ESO**, sería desarrollado como introducción al Bloque “Transformaciones geológicas debidas a la energía interna de la tierra” de la asignatura Ciencias de la Naturaleza.
- En **3º de ESO**, serviría de introducción a la geología externa y a los recursos naturales de la asignatura Ciencias de la Naturaleza.
- En **4º de ESO**, se desarrollaría después del bloque “La Tierra, un planeta en continuo cambio” de la asignatura Biología y Geología.

Bachillerato

En el caso de bachillerato, el tema “La evolución de la clasificación de los minerales” se puede abordar en:

- **1º de bachillerato**, en las asignaturas:
 - Biología y Geología, en el tema que se desarrolla “El origen y la estructura de la Tierra”.
 - Ciencias para el Mundo Contemporáneo, en el tema “Nuevas necesidades, nuevos materiales”.

2º de bachillerato

Ciencias de la Tierra y Medioambientales, en el bloque “La geosfera”.

Geología, puede formar parte de varios contenidos:

- Aproximación al trabajo científico.
- Geología, tecnología y sociedad.
- Materia y energía de la Tierra (comprensión de la naturaleza de la materia mineral, minerales más abundantes y yacimientos minerales).

3.- MARCO LEGAL

El presente trabajo ha sido realizado teniendo como referente la siguiente normativa legal:

- LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.
- Real Decreto 1146/2011, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, así como los Reales Decretos 1834/2008, de 8 de noviembre, y 860/2010, de 2 de julio, afectados por estas modificaciones.
- DECRETO 51/2007, de 17 de mayo, por el que se regulan los derechos y deberes de los alumnos y la participación y los compromisos de las familias en el proceso educativo, y se establecen las normas de convivencia y disciplina en los Centros Educativos de Castilla y León.
- DECRETO 52/2007, de 17 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- DECRETO 6/2013, de 31 de enero, por el que se modifica el Decreto 40/2007, de 3 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria en la Comunidad de Castilla y León y el Decreto 52/2007, de 17 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León
- ORDEN EDU/1046/2007, de 12 de junio, por la que se regula la implantación y el desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/1047/2007, de 12 de junio, por la que se regula la impartición de materias optativas en Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

- ORDEN EDU/1048/2007, de 12 de junio, por la que se regula el programa de diversificación curricular de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN ECI/2220/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación secundaria obligatoria.
- ORDEN ECI/2572/2007, de 4 de septiembre, sobre evaluación en Educación Secundaria Obligatoria.
- REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- ORDEN EDU/1952/2007, de 29 de noviembre, por la que se regula la evaluación en educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- DECRETO 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN ESD/1729/2008, de 11 de junio, por la que se regula la ordenación y se establece el currículo del bachillerato.
- ORDEN EDU/1061/2008, de 19 de junio, por la que se regula la implantación y el desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/2134/2008, de 10 de diciembre, por la que se regula la evaluación en bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/865/2009, de 16 de abril, por la que se regula la evaluación del alumnado con necesidades educativas especiales escolarizado en el segundo ciclo de educación infantil y en las etapas de educación primaria, educación secundaria obligatoria y bachillerato, en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/888/2009, de 20 de abril, por la que se regula el procedimiento para garantizar el derecho del alumnado que cursa enseñanzas de educación secundaria obligatoria y de bachillerato, en centros docentes de la Comunidad de Castilla y León, a que su dedicación, esfuerzo y rendimiento sean valorados y reconocidos con objetividad.

4.- UNIDAD DIDÁCTICA

“LA EVOLUCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES”

4.1.- INTRODUCCIÓN

La presente Unidad Didáctica se ha diseñado para 3º de Educación Secundaria Obligatoria.

Una adaptación a esta Unidad Didáctica se ha llevado a cabo en el I.E.S. Emilio Ferrari de Valladolid, dicha adaptación se encuentra desarrollada en el siguiente apartado (5.- Ejecución de la Unidad Didáctica en 3ºB de ESO en el IES Emilio Ferrari de Valladolid)

El I.E.S. Emilio Ferrari es de titularidad pública dependiente de la Junta de Castilla y León, educa a alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Ciclos Formativos de grado superior. Se localiza en el barrio de Huerta del Rey y acoge alumnos de población urbana y rural, esta población a su vez, es heterogénea debido a la edad y al contexto socioeconómico.

Esta Unidad Didáctica se ha impartido en la asignatura Ciencias de la Naturaleza para la clase de 3º B de ESO, que cuenta con 22 alumnos entre los cuales existe algún repetidor pero, no hay alumnos con la asignatura Ciencias de la Naturaleza pendiente ni alumnos con necesidades educativas especiales.

JUSTIFICACIÓN

Esta Unidad Didáctica encuentra su justificación en el primer criterio de evaluación para el 3º curso de Educación Secundaria Obligatoria en la asignatura Ciencias de la Naturaleza (Real Decreto 1631/2006), que cita:

“Se pretende evaluar si se tiene una imagen del trabajo del científico como un proceso en continua construcción, que se apoya en los trabajos colectivos de muchos grupos, que tiene los condicionamientos de cualquier actividad humana y que por ello puede verse afectada por variables de distinto tipo”

La clasificación de los minerales ha sido y es una compleja tarea y analizándola se entiende cómo se construye el conocimiento, es decir, que no es una tarea fácil pero sí una tarea necesaria. También, nos ayuda a entender y valorar la profesión del científico y enseña que el conocimiento no es estático que ha variado a lo largo de los siglos y que puede y debe seguir variando.

Por otro lado, esta Unidad Didáctica es importante e imprescindible para mirar a nuestro alrededor y entender el aspecto que presenta la naturaleza.

Comprender la importancia de los minerales en nuestra vida cotidiana, y cómo el descubrimiento de nuevos minerales está estrechamente relacionado con el desarrollo y la “mejora” de nuestra calidad de vida.

Entender que las características del medio que nos rodea son muy distintas de unos lugares a otros e influyen en la formación de distintos tipos de minerales. Por lo que es importante entender los beneficios y perjuicios de vivir en unos u otros lugares.

También, esta Unidad Didáctica intenta hacer comprender que el conocimiento es interdisciplinar y todas las asignaturas están relacionadas, en esta unidad se observa claramente la relación de la Geología con la Biología, Matemáticas, Lengua, Historia, Química y Física.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Para la realización de esta unidad didáctica en 3º de ESO los alumnos presentan conocimientos previos de las asignaturas:

- Ciencias de la Naturaleza de 1º de ESO. En esta asignatura aprendieron a tener una idea general sobre el planeta Tierra y más en particular sobre los minerales y las rocas.
- Ciencias de la Naturaleza de 2º de ESO. En esta asignatura estudiaron la dinámica interna del planeta (manifestaciones, riesgos y las rocas).

Esta unidad didáctica pretende tanto desarrollar como recordar conceptos ya estudiados, para que sirvan de introducción a la geología externa y a los recursos naturales.

VINCULACIÓN CON EL CURRÍCULUM

OBJETIVOS GENERALES DE LA ENSEÑANZA OBLIGATORIA.

Según el Decreto 52/2007, de 17 de Mayo por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. La Educación Secundaria Obligatoria contribuirá a desarrollar en el alumnado las capacidades que le permitan:

- 1.- Conocer, asumir y ejercer sus derechos y deberes en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y solidaridad entre las personas y los grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos como valores comunes de una sociedad plural, abierta y democrática.
- 2.- Adquirir, desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- 3.- Valorar y respetar, como un principio esencial de nuestra civilización, la igualdad de derechos y oportunidades de todas las personas, con independencia de su sexo, rechazando cualquier tipo de discriminación.
- 4.- Fomentar sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia en los ámbitos escolar, familiar y social, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y adquirir habilidades para la prevención y resolución pacífica de conflictos.
- 5.- Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos, así como una preparación básica en el campo de las tecnologías especialmente las de la información y la comunicación.
- 6.- Concebir el conocimiento científico como un saber integrado que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

7.- Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, para planificar, para tomar decisiones y asumir responsabilidades, valorando el esfuerzo con la finalidad de superar las dificultades.

8.- Comprender y expresar con corrección textos y mensajes complejos, oralmente y por escrito, en la lengua castellana, valorando sus posibilidades comunicativas desde su condición de lengua común de todos los españoles y de idioma internacional, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.

9.- Comprender y expresarse oralmente y por escrito en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.

10.- Conocer los aspectos fundamentales de la cultura, la geografía y la historia de España y del mundo, respetar el patrimonio artístico, cultural y lingüístico; conocer la diversidad de culturas y sociedades a fin de poder valorarlas críticamente y desarrollar actitudes de respeto por la cultura propia y por la de los demás.

11.- Analizar los procesos y valores que rigen el funcionamiento de las sociedades, en especial los relativos a los derechos, deberes y libertades de los ciudadanos, y adoptar juicios y actitudes personales respecto a ellos.

12.- Conocer el funcionamiento del cuerpo humano, así como los efectos beneficiosos para la salud del ejercicio físico y la adecuada alimentación, incorporando la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad.

13.- Valorar los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

14.- Valorar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

15.- Conocer y apreciar críticamente los valores, actitudes y creencias de nuestra tradición, especialmente de Castilla y León.

16.- Conocer la tradición lingüística, literaria y artística de la cultura grecolatina y su pervivencia en el mundo contemporáneo para comprenderlo y entenderlo con mayor facilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS U OBJETIVOS DEL ÁREA DE CONOCIMIENTO.

Según el Decreto 52/2007, de 17 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. La enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en esta etapa tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1.- Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia. Interpretar y construir, a partir de datos experimentales, mapas, diagramas, gráficas, tablas y otros modelos de representación, así como formular conclusiones.

2.- Utilizar la terminología y la notación científica. Interpretar y formular los enunciados de las leyes de la naturaleza, así como los principios físicos y químicos, a través de expresiones matemáticas sencillas.

3.- Comprender y utilizar las estrategias y conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de las aplicaciones y desarrollos tecnocientíficos.

4.- Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.

5.- Descubrir, reforzar y profundizar en los contenidos teóricos mediante la realización de actividades prácticas relacionadas con ellos.

- 6.- Obtener información sobre temas científicos utilizando las tecnologías de la información y la comunicación y otros medios y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar los trabajos sobre temas científicos.
- 7.- Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.
- 8.- Desarrollar hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en aspectos relacionados con la alimentación, el consumo, las drogodependencias y la sexualidad.
- 9.- Comprender la importancia de utilizar los conocimientos provenientes de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.
- 10.- Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia el logro de un futuro sostenible.
- 11.- Entender el conocimiento científico como algo integrado, que se compartimenta en distintas disciplinas para profundizar en los diferentes aspectos de la realidad.
- 12.- Conocer las peculiaridades básicas del medio natural más próximo, en cuanto a sus aspectos geológicos, zoológicos y botánicos.
- 13.- Conocer e patrimonio natural de Castilla y León, sus características y elementos integradores, y valorar la necesidad de su conservación y mejora.

TEMPORALIZACIÓN

Esta unidad didáctica está diseñada para 3º de ESO en la asignatura Ciencias de la Naturaleza donde tendrá una duración de 5 sesiones de cincuenta minutos cada una. Estas sesiones se desarrollarán en el tercer trimestre como introducción al tema de Recursos Naturales y al tema de Geología Externa.

4.2.- OBJETIVOS DE APRENDIZAJE U OBJETIVOS DIDÁCTICOS

Los objetivos de aprendizaje indican las capacidades específicas que deben adquirir los alumnos a través de los contenidos que se trabajan en la Unidad.

Los alumnos al terminar la Unidad Didáctica deben ser capaces de:

- 1- Entender cómo se construye el conocimiento.
- 2- Entender la importancia de la investigación para el desarrollo.
- 3- Concebir que todas las asignaturas están relacionadas.
- 4- Valorar las causas y consecuencias de la explotación de minerales significativos.
- 5- Respetar el medio ambiente y estar sensibilizado con éste.
- 6- Identificar los minerales desarrollados en la Unidad Didáctica mediante visu, es decir, por simple observación o pruebas sencillas.
- 7- Relacionar cada mineral con sus usos.
- 8- Conocer las propiedades más significativas de los minerales.
- 9- Representar e interpretar gráficos.
- 10- Manejar y utilizar internet para buscar recursos.

4.3.- CONTENIDOS

En la literatura se encuentran bastantes definiciones sobre contenidos, tales como: son instrumentos para el desarrollo de capacidades, son la base para unir las actividades entre sí, saberes entorno a los que se organizan las actividades, son aquello sobre lo que se trabaja, son un espacio de toma de decisiones en el desarrollo curricular, son medios para conseguir los objetivos, favorecen el aprendizaje del conocimiento teórico, las destrezas para construir el conocimiento y las actitudes que regulan la vida en sociedad.

Es necesaria la adaptación y secuenciación de los contenidos a los distintos grupos de alumnos.

Los contenidos de la presente Unidad Didáctica son:

- Concepto de mineral y roca. La composición química y la estructura cristalina, que son el reflejo del mineral, condicionan todas las propiedades físicas y químicas.
- Minerales más significativos y sus usos.
- Propiedades de los minerales, tanto las organolépticas (color, raya brillo, exfoliación, fractura, tenacidad, dureza,...), como otras más complejas (eléctricas, magnéticas, etc.)
- Búsqueda y selección de información sobre minerales utilizando las tecnologías de la información y comunicación, representación de dicha información mediante gráficos.
- Realización de actividades, para la comprensión de la importancia de la investigación y en especial de los minerales en el desarrollo de la humanidad.
- Interpretación de información de carácter científico y utilización de dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con la naturaleza.
- Utilización correcta del lenguaje propio de las ciencias de la naturaleza en sus aplicaciones en la vida cotidiana.
- Manejo correcto de los materiales, sustancias e instrumentos básicos de un laboratorio y respeto por las normas de seguridad del mismo.

4.4.- COMPETENCIAS BÁSICAS

Se entiende por competencia en el ámbito educativo la capacidad de movilizar varios recursos cognitivos para hacer frente a un tipo de situación.

En esta Unidad Didáctica se pretende que los alumnos desarrollen las 8 competencias básicas, que constituyen los referentes mínimos donde los profesores deben centrar los esfuerzos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.- Competencia en comunicación lingüística.

Utilización del lenguaje como instrumento de comunicación oral y escrita. En el caso de las ciencias también se pretende el uso correcto del lenguaje científico que ayuda al entendimiento entre los distintos profesionales.

2.- Competencia matemática.

Utilización del lenguaje matemático para cuantificar los fenómenos naturales, para analizar causas y consecuencias y para expresar datos e ideas sobre la naturaleza. Por otra parte, en el trabajo científico se presentan a menudo situaciones de resolución de problemas de formulación y solución más o menos abiertas que exigen poner en juego estrategias asociadas a esta competencia.

3.- Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

Es la habilidad para interactuar con el mundo físico tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos.

4.- Competencia en el tratamiento de la información y competencia digital.

El trabajo científico tiene formas específicas para la búsqueda, recogida, selección, procesamiento y presentación de la información que se utiliza además en muy diferentes formas: verbal, numérica, simbólica o gráfica.

Favorece la adquisición de esta competencia el uso de esquemas, mapas conceptuales, resúmenes, memorias, etc.

La competencia digital se desarrolla a través de la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje de las ciencias para comunicarse, recabar información, retroalimentarla, simular y visualizar situaciones, para la obtención y tratamiento de datos, etc.

5.- Competencia social y ciudadana.

El papel que juega la ciencia en la preparación de futuros ciudadanos de una sociedad democrática para su participación activa en la toma fundamentada de decisiones. Por otro lado, ayuda a entender mejor cuestiones que son importantes para comprender la evolución de la sociedad en épocas pasadas y analizar la sociedad actual. La alfabetización científica constituye una dimensión fundamental de la cultura ciudadana.

6.- Competencia cultural y artística.

Supone conocer, comprender, apreciar, disfrutar y valorar el arte y otras manifestaciones culturales. El empleo de recursos propios de la expresión artística. El interés por participar en la vida cultural, el desarrollo de la propia capacidad estética y creadora y por contribuir a la conservación del patrimonio cultural y artístico.

7.- Competencia para aprender a aprender.

Supone saber iniciarse en el aprendizaje, ser capaz de continuar aprendiendo a lo largo de la vida, tener el control y gestión de las propias capacidades y conocimientos, manejar recursos y técnicas de trabajo individual y en grupo, y la capacidad de autoevaluarse.

8.- Desarrollo de la autonomía e iniciativa personal.

Supone ser capaz de imaginar, emprender, desarrollar y evaluar acciones o proyectos individuales o colectivos con creatividad, confianza, responsabilidad y sentido crítico.

4.5.- ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y METODOLÓGICAS

La planificación de la presente unidad didáctica queda definida principalmente por el criterio de evaluación: “Se pretende evaluar si se tiene una imagen del trabajo del científico como un proceso en continua construcción, que se apoya en los trabajos colectivos de muchos grupos, que tiene los condicionamientos de cualquier actividad humana y que por ello puede verse afectada por variables de distinto tipo”, definido para la asignatura Ciencias de la Naturaleza en 3º de Educación Secundaria Obligatoria por el Real Decreto 163/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. La planificación debe venir apoyada por ciertos estándares que marca la ley, actualmente la LOE. Estos estándares marcan lo que el alumno debe conocer y ser capaz de hacer, pero el camino para alcanzarlos es propio de la persona que diseña la unidad didáctica.

Para el desarrollo de esta unidad didáctica se han tenido en cuenta los conocimientos previos de los alumnos ya que son la base donde construirán sus razonamientos y futuros aprendizajes.

Las actividades programadas están dirigidas a dar respuesta a preguntas conectadas con la realidad y con los aspectos que nos rodean para que los alumnos tengan experiencias reales de aprendizaje y se sientan más motivados.

Por otro lado, las actividades van encaminadas a plantear un reto al alumno que le haga pensar, reflexionar e investigar. Pero también para afianzar los conceptos ya explicados.

Al principio de cada sesión se hará un recordatorio de lo explicado en la clase anterior y al finalizar la unidad didáctica se realizará un resumen general usando un mapa conceptual de la unidad, para que los alumnos engloben todos los conceptos.

Durante el desarrollo de esta unidad se va a trabajar en parejas que fomenta la interacción del alumnado mejorando sus relaciones.

El tema abordado “La evolución de la clasificación de los minerales” es un tema propicio para que se desarrollen los contenidos de forma que los alumnos observen, experimenten y manipulen los diversos minerales. También hay situaciones que

permiten al alumnado observar y realizar experimentos como es la obtención de cristales de halita.

El desarrollo de los contenidos enlaza con temas transversales como la educación en valores, el fomento de la lectura y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Esta Unidad didáctica se desarrollará en 5 sesiones, ordenadas cronológicamente desde la Prehistoria a la Edad Contemporánea, y se irán explicando los hitos más importantes en la evolución de la clasificación de los minerales junto con actividades para afianzar dichos conceptos.

- Sesión N°1. La Prehistoria.
- Sesión N°2. La Prehistoria.
- Sesión N°3. Edad Antigua, Edad Media, Edad Moderna.
- Sesión N°4. Edad Moderna.
- Sesión N°5. Edad Moderna y Edad Contemporánea.

4.6.- ORGANIZACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA Y LOS RECURSOS NECESARIOS.

La presente Unidad Didáctica está organizada en cinco sesiones de cincuenta minutos cada una. Los recursos, el agrupamiento y los espacios necesarios para la correcta realización de la unidad quedan expuestos en la siguiente tabla:

SESIONES	AGRUPAMIENTO	ESPACIO	RECURSOS
N°1	Parejas	Laboratorio o aula	<ul style="list-style-type: none">• Colección de minerales: cuarzo (sílex y ágata), limonita, hematites y grafito.• Una Roca, por ejemplo: granito, gabro, o arenisca.

Nº2	Parejas	Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Colección de minerales: cuarzo (sílex, ágata), limonita, hematites, grafito, azurita, malaquita, magnetita, galena, pirita y casiterita. • Material laboratorio: vaso de precipitados, dos placas Petri, sal común y agitador.
Nº3	Pareja	Laboratorio o aula	<ul style="list-style-type: none"> • Colección de minerales: cuarzo (sílex, ágata), limonita, hematites, grafito, azurita, malaquita, magnetita, galena, pirita y casiterita. • Brújulas • Imanes
Nº4	Parejas	Aula de informática	<ul style="list-style-type: none"> • Colección de minerales: cuarzo (sílex, ágata), limonita, hematites, grafito, azurita, malaquita, magnetita, galena, pirita y casiterita, talco y yeso.
Nº5	Parejas	Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Colección de minerales: cuarzo (amatista, rosa, sílex, ágata), limonita, hematites, grafito, azurita, malaquita, magnetita, galena, pirita y casiterita, talco y yeso., halita y biotita. • Láminas delgadas de rocas.

4.7.- ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

Las actividades de enseñanza – aprendizaje son procedimientos que se realizan en un aula para facilitar el conocimiento en los estudiantes. Estas actividades son elegidas con el propósito de motivar la participación de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los tipos de actividades presentes en la Unidad Didáctica son:

- Actividades de iniciación y motivación para aprender un nuevo contenido.
- Actividades de desarrollo para incorporar un nuevo aprendizaje.
- Actividades finales que incluyen:
 - Actividades de refuerzo para los alumnos que lo necesiten.
 - Actividades de recuperación para alumnos que no han adquirido el aprendizaje.
 - Actividades de ampliación para aumentar el aprendizaje adquirido.

- **Actividades de motivación y conocimientos previos.**

1.-Pregunta grupal de iniciación a la Unidad Didáctica: ¿Creéis que es fácil clasificar los minerales? ¿Por qué?

Prehistoria (Edad de Piedra):

2.- Preguntas grupales de iniciación al tema la Prehistoria.

- ¿Cómo creéis que vivían en la Edad de Piedra?
- ¿Para qué usaban los minerales?
- ¿Qué propiedades deben tener los minerales para ser usados como: herramientas, pinturas y adornos?
- ¿Conoces algún mineral con estas características?

Edad Antigua:

7.- Preguntas grupales de iniciación al tema La Edad Antigua.

- ¿Qué es una brújula?
- ¿Cuál es su mecanismo?

- **Actividades de desarrollo.**

Prehistoria (Edad de Piedra):

3.- Práctica de visu. Rellenar la tabla siguiente con los minerales que tenéis sobre la mesa basándoos solamente en lo que podéis apreciar de ellos:

HERRAMIENTAS	PINTURAS Y PIGMENTOS	ADORNOS

4.- Observando el sílex, ¿Qué fractura presenta?

Prehistoria (Edad de los Metales):

5.- Después de leer el texto “La aparición de la metalurgia y la minería” (Anexo I) responder a las siguientes cuestiones:

1.- ¿Por qué la primera Edad fue la del Cobre?

2.- ¿Por qué se usa hierro y no bronce para la fabricación de útiles para el campo como arados?

3.- ¿Qué creéis que quiere decir que un metal es maleable?

4.- ¿Qué metal crees que se saca de los minerales azurita y malaquita, que son carbonatos de cobre?

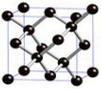
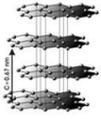
6.- Clasificar los minerales que tenéis sobre la mesa en grupos: cuarzo (sílex), hematites, grafito, limonita, azurita, malaquita, galena y pirita.

Edad Antigua:

8.- ¿Qué mineral de los que tenéis sobre la mesa actúa como un imán?

Edad Moderna:

9.- Dada la siguiente tabla y con lo que ya sabemos sobre las propiedades de los minerales. Se trata de averiguar que mineral corresponde a cada columna, hay que tener en cuenta que los dos minerales tienen la misma composición química.

MINERAL		
COMPOSICIÓN	Carbono	Carbono
ESTRUCTURA CRISTALINA		
DUREZA	Muy duro	Blando
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Aislante	“Conductor”
OTRAS	Características ópticas destacables	Se exfolia con facilidad

10.- Actividad con ordenadores, se trata de realizar una gráfica donde comparar la producción de yeso en Castilla y León en los años: 1992,1995, 2000, 2005,2009 y 2010.Para ello:

- Obtener dicha información de internet, de la página del Instituto Geológico y Minero de España www.igme.es. Dentro de esta página en el apartado Productos y posteriormente Panorama minero, en este apartado se trata de ir al mineral yeso y al histórico del yeso y obtener la información de los documentos.

- Con dicha información y el programa Microsoft Office Excel realizar una tabla y el correspondiente gráfico de barras.

11.- ¿Creéis apropiado clasificar los minerales según las propiedades físicas como color, brillo, transparencia, que usa Agrícola en sus tratados “De Natura Fossilium” y “De Re Metálica”? ¿Por qué?

12.- En el manuscrito “Historia Gemmarum Et Lapidarum” se distinguen 5 grados de dureza. ¿Creéis que se parece a la escala de Mohs del año 1820?

13.- Durante esta época se estudian las variedades del cuarzo atendiendo al color. ¿Qué variedades del cuarzo conoces?

14.- Práctica de Laboratorio “Crecimiento de cristales de sal”

Procedimiento:

1. Se llenan dos vasos de precipitados con agua hasta aproximadamente la mitad de su volumen.
2. Se adiciona consecutivamente una cucharada de sal tras otra hasta que se observa que tras la agitación correspondiente no se disuelve más cantidad de sal y que parte queda depositada en el fondo del vaso (disolución saturada).
3. A continuación se trasvasa una cantidad pequeña de la disolución a una placa Petri con cuidado de no arrastrar parte de la sal depositada y otro volumen igual a otra placa Petri.
6. Uno de los vasos se deja encima del radiador (mayor temperatura) y el otro a temperatura ambiente.
- 7.- Se dejan reposar hasta que se haya evaporado el agua (2-3 días).

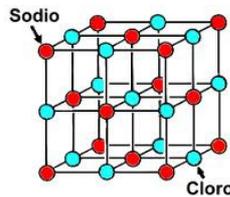
Responder las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué forma presentan los cristales de sal que han aparecido en las placas Petri?
- 2.- ¿Qué diferencia encontramos entre los cristales formados en la placa Petri depositada en el radiador y los cristales formados a temperatura ambiente? ¿Por qué creéis que aparecen estas diferencias?
- 3.- ¿Creéis que esta experiencia puede trasladarse a la realidad?

15.- C. Linneo en 1768, afirma que los minerales que tienen la misma forma poseen composiciones similares. Con lo que ya sabéis, ¿Creéis que la afirmación de Linneo es cierta?

- **Actividades de refuerzo**
- Busca en tu alrededor objetos cuyo brillo se pueda clasificar como metálico y no metálico. Dentro del no metálico: vítreo, graso y mate.

- ¿Qué dureza darías a un mineral que pudiera rayarse con el talco? ¿Y qué dureza tendría un mineral que rayase al talco pero fuera rayado por el yeso?
- ¿Qué tipo de cristalización presenta la halita?



Se trata de un cloruro de sodio, ¿qué elementos químicos componen la halita?

- **Actividades de recuperación**

- Explicar por qué los minerales formados en la lava que sale por un volcán, y que se enfría bruscamente, suelen presentar un aspecto masivo sin que a simple vista aparezcan cristales. Mientras, que los que se han formado en el interior de una masa de granito, que se ha enfriado lentamente durante miles de años, tienen un aspecto cristalino.
- Realizar una tabla con los siguientes minerales (cuarzo (sílex), limonita, grafito, diamante, hematites, azurita y malaquita, halita, galena y el yeso) y sus usos.

- **Actividades de ampliación**

- Leer la noticia “El Coltán, un ‘mineral’ estratégico” (Anexo II) y responder a las siguientes cuestiones.
 - 1.- ¿Qué dos minerales componen el Coltán?
 - 2.- ¿Qué elemento principal se obtiene de la columbita? ¿Y de la tantalita?
 - 3.- ¿Qué propiedades físicas presentan estos minerales: columbita y tantalita?
 - 4.- ¿Por qué son tan preciados?

5.- Antes de leer el texto, ¿Conocías la existencia del coltán? Si es que sí, ¿dónde habías oído hablar de él?

6.- ¿De qué modo ha cambiado el texto tu visión de los móviles?

- Dados los siguientes minerales para visu: halita, malaquita y yeso. Intentar rellenar la siguiente tabla:

	HALITA	MALAQUITA	YESO
COLOR			
RAYA			
BRILLO			
HÁBITO			-----
DUREZA	-----	-----	

Una vez rellenada la tabla anterior, comprobar que minerales aparecen para las propiedades dadas. Para ello dirigirse al servidor de minerales de la Universidad de Valladolid (<http://greco.fmc.cie.uva.es>) y al apartado buscador por propiedades. En este apartado se meten los datos de la tabla y verificamos si aparecen estos minerales.

Esta actividad ayuda al alumno a profundizar y entender mejor las propiedades de los minerales, fomenta la curiosidad de los alumnos por el mundo de los minerales y aprende que existen recursos en internet de este tema, todo ello desarrollando las TIC.

- **Otras posibles actividades**

- Salida de campo a “Salinas. Poza de la Sal” en Burgos.

Esta excursión sería interesante porque ayudaría a los alumnos a comprender mejor el ambiente de formación de la sal y su importancia. En Poza de la Sal existe un Centro de Interpretación de las salinas donde explican el origen y explotación de este diapiro.

Esta salida podría combinarse con la visita al “Complejo minero de Puras de Villafranca”, que durante años fue la explotación de manganeso más importante y de mejor calidad de España. Las minas Pura y Comienzo se encuentran acondicionadas

para su visita. Es esta visita los alumnos verían otro tipo de explotación minera diferente, lo cual, les ampliaría su visión de los minerales y entenderían la labor del minero.

4.8.- LA EVALUACIÓN

La evaluación del aprendizaje de los estudiantes es una parte esencial del proceso de enseñanza, pues sin una comprobación de cómo y qué aprenden los alumnos, difícilmente se podría adaptar, ajustar, personalizar la enseñanza a los distintos ritmos y estilos de aprendizaje. Según la Ley Orgánica de Educación 2006 “La evaluación se ha convertido en un valioso instrumento de seguimiento y de valoración de los resultados obtenidos y de mejora de los procesos de enseñanza”.

EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES DE LOS ALUMNOS

Como marca la ley la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria será continua, y los criterios de evaluación de las materias serán referente fundamental para valorar tanto el grado de adquisición de las competencias básicas como el de la consecución de los objetivos.

Al principio de la unidad didáctica se ha realizado una evaluación inicial y durante el desarrollo de la unidad didáctica se realiza una evaluación continua mediante el seguimiento de las tareas. Al finalizar la unidad los alumnos responden al cuestionario KPSI con lo que comprueban sus avances.

- Evaluación inicial o diagnóstica.

La evaluación inicial se ha desarrollado a través de un cuestionario KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory), diseñado por Tamir y Lunetta (1978), por el cual se obtiene información sobre el grado de conocimiento que los estudiantes creen que tienen en relación a determinados contenidos. Les permite identificar los objetivos para que sean conscientes de los contenidos que se van a trabajar.

También les permite tomar consciencia del grado inicial y de la evolución posterior de sus conocimientos, habilidades o competencias, es decir, sería para los alumnos una autoevaluación.

En el cuestionario KPSI se pide al estudiante que seleccione su respuesta en función de 5 niveles, el nivel de mayor valor (5) se refiere a si el alumno es capaz de explicar el concepto o procedimiento a un compañero.

- Actividad: cuestionario KPSI. Expresa cual crees que es tu conocimiento sobre las siguientes cuestiones, numerando del 1 al 5 en función de: 1: no lo sé/conozco; 2: lo sé/conozco poco; 3: lo conozco/comprendo parcialmente; 4: lo conozco/comprendo bien; 5: lo puedo explicar a otra persona.

1- Puedo explicar la diferencia entre mineral y roca.

2.- Conozco algún mineral o grupo de minerales.

3.- Conozco la clasificación de los minerales.

4.- Conozco algún mineral que esté presente en mi vida cotidiana.

5.- Puedo explicar porque el conocimiento es interdisciplinar.

6.- Conozco la profesión del científico.

7.- Conozco como se construye el conocimiento.

- Evaluación continua

La evaluación continua está dirigida a valorar cómo se está produciendo el proceso de aprendizaje con el propósito de su mejora constante.

En primer lugar, hay que establecer unas metas claras en el aprendizaje y clarificar los criterios por los que los alumnos serán evaluados, para que sean conscientes de cómo será juzgado su trabajo. Las metas se obtienen con el cuestionario KPSI que son los objetivos que se persigue que el alumno adquiera durante esta unidad didáctica.

En segundo lugar, la evaluación continua se inserta dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se puede llevar a cabo mediante el intercambio de preguntas-respuestas entre profesor y alumno, o durante la interacción que se produce durante la explicación en clase, realización de actividades o pruebas.

El tercer lugar, se corresponde con la meta final del proceso donde el alumno asume la responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje.

- Criterios de evaluación:
 - 1.- Reconocer los minerales desarrollados en esta unidad y relacionarlos con sus usos.
 - 2.- Explicar las propiedades de los minerales desarrolladas en la unidad.
 - 3.- Representar e interpretar gráficas.
 - 4.- Emplear internet para la búsqueda de recursos.
 - 5.- Realizar correctamente la experiencia de laboratorio.
 - 6.- Valorar el trabajo del científico.
 - 7.- Entender cómo se construye el conocimiento y su interdisciplinariedad.
 - 8.- Tener capacidad crítica ante las causas y consecuencias de la explotación de minerales.
- Criterios de calificación:
 - Actitud del alumno y participación en las actividades propuestas. 30%
 - Actividades realizadas en clase y en casa. 70 %

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA

Los profesores deben evaluar tanto los aprendizajes del alumnado como el proceso de enseñanza y su propia práctica docente.

Se evaluará la adecuación de los objetivos, contenidos y actividades propuestas, así como el nivel de interacción entre los alumnos, la organización de espacios, tiempos y recursos materiales, así como la metodología empleada.

Elementos a valorar:

- ¿La temporalización ha sido la adecuada y se ha cumplido?
- ¿Los recursos planteados en las actividades han estado disponibles y han sido los adecuados para las actividades?
- ¿Los grupos de trabajo a la hora de hacer las actividades han dado buenos resultados?
- ¿Los alumnos se han sentido motivados hacia el tema explicado?
- ¿Las notas de éstos han sido satisfactorias?

4.9.- ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD.

La atención a la diversidad surge ante la necesidad de dar respuesta a una educación adaptada a las características y necesidades de los alumnos que por razones tanto físicas, psíquicas, sensoriales como sociales no pueden seguir el ritmo normal del resto del grupo.

Se entiende por diversidad todas aquellas características excepcionales del alumnado, provocadas por diversos factores que requieren una atención especializada para que todo el alumnado alcance un mismo nivel de aprendizaje.

Según la Ley Orgánica de Educación del 2006, los centros elaborarán sus propuestas pedagógicas para Educación Secundaria Obligatoria desde la consideración de la atención a la diversidad y del acceso a todo el alumnado a la educación común. Asimismo, arbitrarán métodos que tengan en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje de los alumnos, favorezcan la capacidad de aprender por sí mismos y promuevan el trabajo en equipo.

Esta unidad didáctica presenta actividades de ampliación o profundización para aquellos alumnos de aprendizaje más rápido, actividades para alumnos con dificultades de aprendizaje y actividades de recuperación para alumnos con la materia del curso anterior suspensa.

En esta clase no hay alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo ni alumnos con la asignatura de Ciencias Naturales suspensa. Pero, se han descrito en el apartado actividades, ejemplos de actividades de ampliación, recuperación y refuerzo, que podrían realizarse para una mejor atención a la diversidad del alumnado.

5.- EJECUCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA EN 3ºB DE ESO EN EL IES EMILIO FERRARI DE VALLADOLID

La unidad didáctica ha sido adaptada a 3ºB de ESO en el IES Emilio Ferrari en Valladolid con las pautas dadas anteriormente y con la ayuda de Microsoft Office PowerPoint de la siguiente manera:

SESIÓN N°1: La Prehistoria (Edad de Piedra).

The slide is titled "LOS MINERALES" and contains a list of learning objectives and a question. Two boxes on the left side of the slide point to specific parts of the text: "Actividad de evaluación inicial" points to the first objective, and "Actividad 1" points to the question.

LOS MINERALES

- Puedo explicar la diferencia entre un mineral y una roca.
- Conozco algún mineral o grupo de minerales.
- Conozco la clasificación de los minerales.
- Conozco algún mineral que esté presente en mi vida cotidiana.
- Puedo explicar porque el conocimiento es interdisciplinar
- Conozco la profesión del científico.
- Conozco como se construye el conocimiento

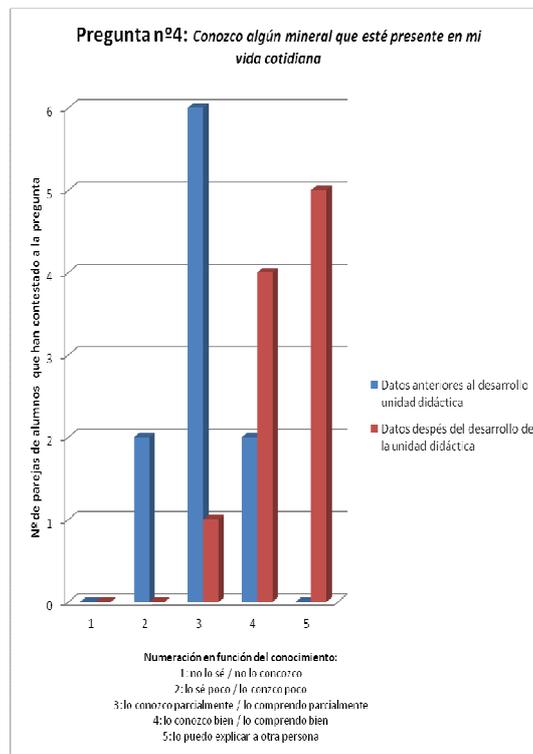
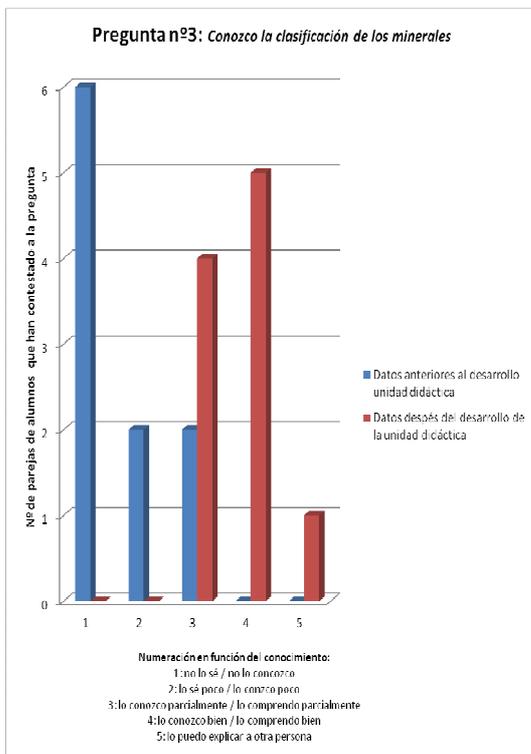
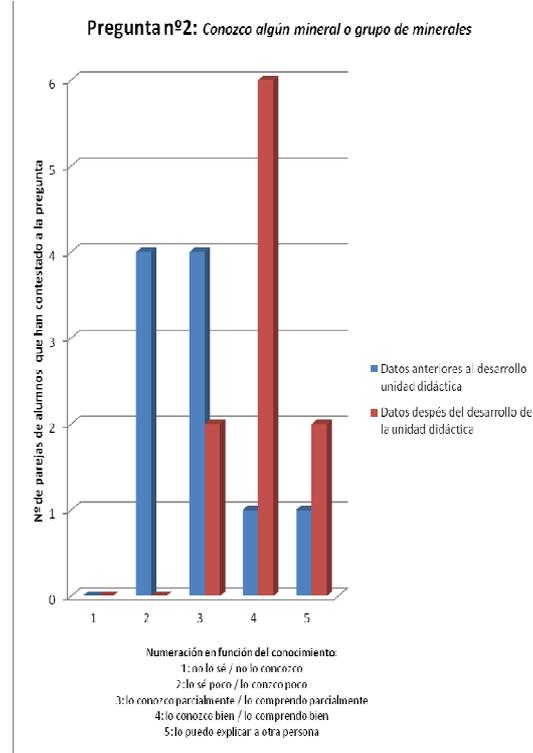
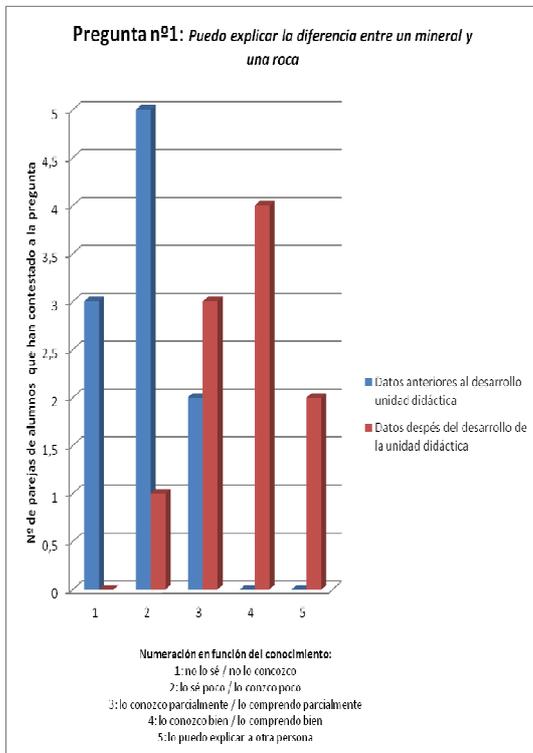
-¿Creéis que es fácil clasificar los minerales? ¿Por qué?

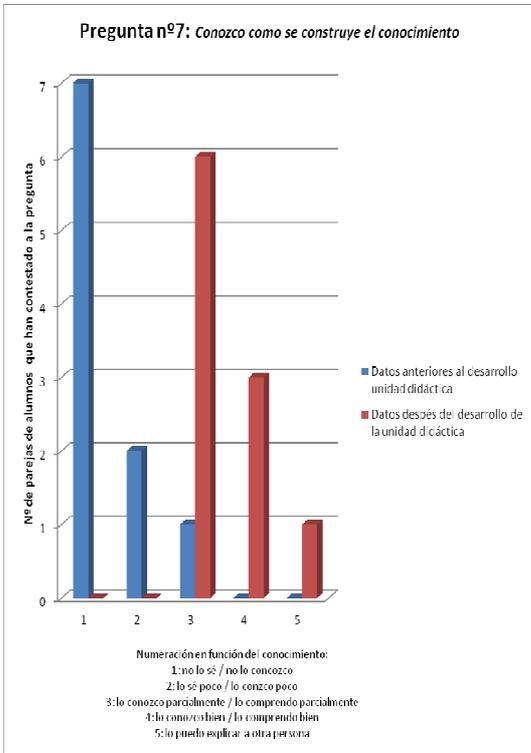
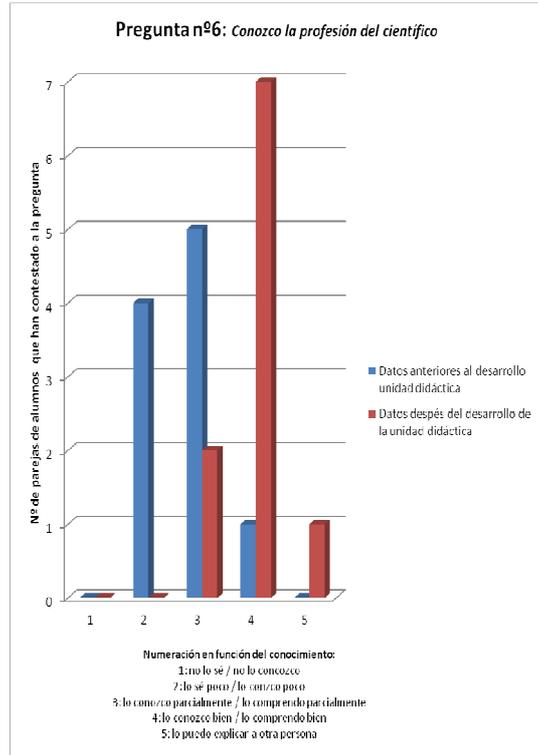
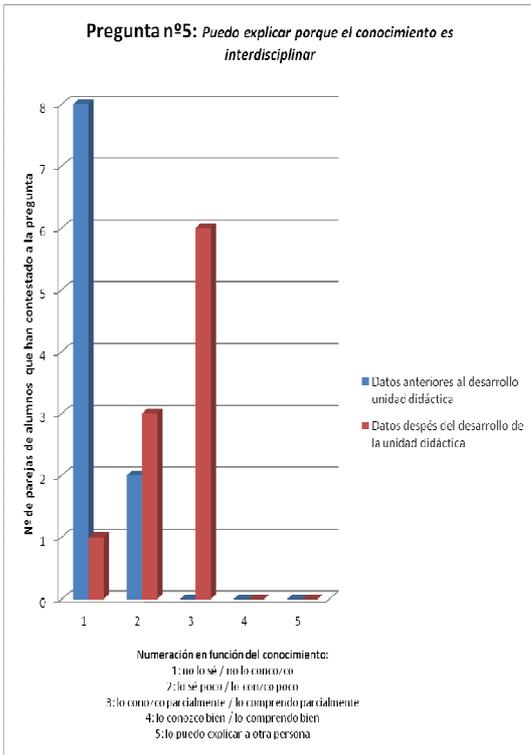
- **Actividad de evaluación inicial de la unidad didáctica: cuestionario KPSI.**

Una vez que los alumnos han realizado el cuestionario, puesta en común para tener una mayor idea de los conocimientos que tienen ellos de los temas a desarrollar en la presente unidad. Por otro lado, se les ha pedido que identifiquen una roca que tienen entre la colección de minerales dada, se persigue que entiendan mejor la diferencia entre mineral y roca.

Los resultados obtenidos en el cuestionario KPSI se han representado en gráficos diferenciando cada pregunta. Estos gráficos muestran el número de parejas que han contestado a la pregunta frente a la puntuación dada por éstas.

En todos los gráficos se ve una tendencia clara donde al inicio de la unidad didáctica son más utilizados los valores 1 y 2, y al finalizar la unidad didáctica son más usados los valores 3,4 y 5. Es decir, los alumnos creen que han aprendido.





- **Actividad 1.** Pregunta grupal de iniciación a la unidad didáctica. ¿Creéis que es fácil clasificar los minerales? ¿Por qué?

La mayoría de los alumnos han contestado que no por motivos como:

- Existen muchos tipos.
- Hay que realizar pruebas específicas.
- Hay que saber sus componentes.
- Porque tienen muchas propiedades diferentes.

Los alumnos que han contestado que sí, sólo dos parejas, lo han hecho por:

- Por el avance de la tecnología.
- Porque los minerales son muy distintos.

Al finalizar la unidad didáctica todos los alumnos están de acuerdo en que clasificar es difícil incluso los que al principio pensaban lo contrario. Los motivos que los alumnos dan son los siguientes:

- Un mineral tiene muchas propiedades.
- Depende de los conocimientos que tengas.
- Hay diferentes rangos y tipos.
- Necesitas saber mucha información sobre el mineral y hay muchos criterios para clasificarlos.

En definitiva entienden que para clasificar primero es necesario conocer.

Actualmente clasificamos los minerales en 10 clases :

- 1.- ELEMENTOS
- 2.- SULFUROS Y SULFOSALES.
- 3.- HALUROS.
- 4.- ÓXIDOS.
- 5.- CARBONATOS Y NITRATOS.
- 6.- BORATOS.
- 7.-SULFATOS, SELENIATOS, TELURATOS, CROMATOS, MOLIBDATOS Y WOLFRAMATOS.
- 8.- FOSFATOS, ARSENIATOS Y VANADATOS.
- 9.- SILICATOS Y GERMANATOS
- 10.- MINERALES ORGÁNICOS DIVERSOS

¿CÓMO SE HA LLEGADO A ESTA CLASIFICACIÓN TAN COMPLEJA?

Presentación de la clasificación actual de los minerales, para que se den cuenta de su complejidad.

NOS REMONTAMOS A:

- La Prehistoria, Edad de piedra

- Para clasificar, primero es necesario conocer.



- Edad de piedra

- ¿Cómo creéis que vivían en la edad de piedra?
- ¿Para qué usaban los minerales?

Actividad 2

- ¿Qué propiedades deben tener los minerales para ser usados como: herramientas, pinturas y adornos?
- ¿Conoces algún mineral con estas características?

- **Actividad 2.** Actividad de iniciación a la Edad de Piedra. Con esta actividad motivamos a los alumnos y les iniciamos a la Edad de Piedra.

Actividad 3

3.- PRÁCTICA DE VISU:

HERRAMIENTAS	PINTURAS Y PIGMENTOS	ADORNOS
.....	



- **Actividad 3**, con esta actividad pretendo que mediante la observación sean capaces de darse cuenta de propiedades que hacen a estos minerales propicios para servir de herramientas, pinturas y adornos.

En general los alumnos han sabido rellenar la tabla y con ello han aprendido la importancia de pararse a observar detenidamente las cosas y cómo la simple observación nos da mucha información.

- Edad de piedra

- Propiedades de los minerales:
 - Color
Es el color que presenta un mineral pero no es una característica muy fiable, ya que los minerales no presentan siempre el mismo color
 - Fractura
Cuando al romperse un mineral no deja superficies planas. Por ejemplo: concoidea, fibrosa, desigual...)
 - Exfoliación
La ruptura de lugar a superficies más o menos lisas, que coinciden con caras reales.

ACTIVIDAD:

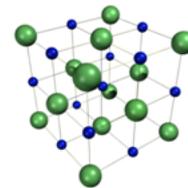
Actividad 4

- Observando el sílex, ¿Qué fractura presenta?

<http://www.youtube.com/watch?v=xvAjJdvvlqo>

- Explicación de las propiedades color, fractura y exfoliación.
- Visionado del video de la talla del sílex: <http://www.youtube.com/watch?v=xvAjJdvvlqo>, este video sirve para que los alumnos tengan más claro la propiedad de fractura.
- **Actividad 4.** Se pretende que después de la explicación de la propiedad fractura y después del visionado del video, sean capaces de darse cuenta que la fractura es la que hace tan importante al sílex, es decir, los minerales son más o menos valiosos por sus propiedades.
- **SESIÓN N°2:** La Prehistoria (Edad de los Metales).

• Práctica de laboratorio: "Crecimiento de cristales de sal"



Con esta práctica se pretende estudiar el fenómeno de la cristalización. La sal de mesa conocida comúnmente como sal es cloruro sódico (NaCl)

1. Se llenan dos vasos con agua hasta aproximadamente la mitad de su volumen.
2. Se adiciona consecutivamente una cucharada de sal tras otra hasta que se observa que tras la agitación correspondiente no se disuelve más cantidad de sal y que parte queda depositada en el fondo del vaso (disolución saturada).
3. A continuación se trasvasa una cantidad pequeña de disolución a una placa petri con cuidado de no arrastrar parte de la sal depositada y otro volumen igual a otra placa petri.
6. Una placa petri se deja encima del radiador (mayor temperatura) y otra a temperatura ambiente.
7. Se deja reposar hasta que se haya evaporado el agua (2-3 días).

- Realización de la práctica de laboratorio para tener los resultados en la sesión número 5.

Actividad 5

- Edad de los metales
Cobre - Bronce - Hierro - etc

PREGUNAS SOBRE EL TEXTO:

- 1.- ¿Por qué la primera Edad fue la edad del Cobre?
- 2.- ¿Por qué se usa hierro y no bronce para la fabricación de útiles para el campo como arados?
- 3.- ¿Qué quiere decir que un metal es maleable?
- 4.- ¿Qué metal crees que se saca de los minerales azurita y malaquita, que son carbonatos de cobre?

<http://www.youtube.com/watch?v=eZCV8bWgiHY>




- **Actividad 5.** Después de leer el texto “La aparición de la metalurgia y la minería” (Anexo I) los alumnos deben responder a las preguntas expuestas en esta diapositiva. Con esta actividad se pretende no dar al alumno todo hecho sino que aprenda a sacar información de un texto y entiendan la importancia de la lectura.

Con la pregunta 4, se pretende explicar a los alumnos la diferencia entre un elemento y los compuestos que forman algunos de los minerales.

- Visionado del video ilustrativo de la obtención de un hacha de bronce:
<http://www.youtube.com/watch?v=eZCV8bWgiHY> , este video pretende afianzar los conceptos aprendidos.

- Edad de los metales

- **Propiedades de los minerales:**

- **Tenacidad**

Resistencia que un material opone a ser roto, molido, quebrado o desgarrado.

- Frágil, se rompe fácilmente o se reduce a polvo.

- Maleable, el mineral se puede transformar en hojas delgadas por percusión.

- Dúctil, se le puede dar la forma de hilo.

- **Brillo**

Se refiere al aspecto general que se observa en la superficie de un mineral cuando éste refleja la luz. Pueden tener:

- Brillo metálico: mineral opaco a la luz que posee el aspecto brillante de un metal.

- Brillo no metálico.



- **Hábito**

Se refiere al aspecto que presentan los minerales, ya sean cristales aislados, en agregados cristalinos o en masas.

- Explicación de las propiedades tenacidad, brillo y hábito.

- Edad de los metales

El tratado más antiguo que hay sobre minerales está en China y se describen 300 plantas y 46 minerales.

“Chen Nong Pen ts’ao”

- Presentación del tratado, haciendo hincapié en la edad y en la cantidad de minerales.

- Edad de los metales

- Actividad:

Actividad 6

- Clasificar los siguientes minerales en grupos: sílex, cuarzo, hematites, grafito, limonita, azurita, malaquita, magnetita, galena y pirita.

- **Actividad 6.** Con esta actividad se pretende que los alumnos descubran por ellos mismos la dificultad de clasificar con los conocimientos de esta época, dichos conocimientos son de forma simple y general los expuestos hasta ahora en la unidad.

Los alumnos han clasificado los minerales por usos, similitud, brillo y dureza. Ellos mismos se han dado cuenta de la dificultad e incluso había alumnos que no han sabido clasificarlos después de intentarlo. Por otro lado, se han dado cuenta de que no los han clasificado todos de igual forma, es decir, con lo que se sabe no hay un común denominador para clasificarlos igual en todas las partes del mundo.

SESIÓN N°3: La Edad Antigua.

SESIÓN N°3

- Edad Antigua

Actividad 7

¿Qué es una brújula? ¿Cuál es su mecanismo?

Actividad 8

ACTIVIDAD: ¿Qué mineral de los que tenemos sobre la mesa actúa como un imán?

- **Propiedades de los minerales:**

- **MAGNETISMO**, se manifiesta por atraer el hierro y otros materiales susceptibles.



La primera brújula es de origen chino, y es una cuchara tallada en magnetita que se apoya en una placa de bronce bien pulimentado y que se orienta de norte a sur.

- **Actividad 7.** Actividad para iniciar a los alumnos en la época de la Edad Antigua y motivarles.
- Explicación de la propiedad magnetismo.
- **Actividad 8.** Esta actividad pretende que por intuición y descubrimiento averigüen que mineral actúa como un imán, es una forma de asemejar como podría haber sido descubierto este mineral.

- Edad Antigua

Aristóteles (384-322 a.J.C) y Teofrasto de Efeso (378-287 a.J.C) clasificaban los minerales en:

-Metálicos

-No metálicos: piedras y tierras

“Tratado de las piedras”

Posteriormente Teofrasto escribe:

“De los minerales” y “De las piedras”

(Sólo se conserva el segundo que contiene 60 minerales y rocas y sus aplicaciones)

- Presentación de los tratados y pequeño debate de cómo han evolucionado respecto al tratado anterior.

La Edad Media

- Edad Media (476 - 1492)

Caída del imperio romano, se abandona y olvida el conocimiento sobre la minería de los metales.

"Tratado de las piedras"

Avicena (980-1037), estableció la primera clasificación de rocas y minerales, los clasificó según:

- Metales, los minerales de cuya fusión se extraen los metales.
- Combustibles, incluyen el carbón y otros combustibles.
- Sales, minerales que se pueden disolver en agua.
- Piedras y Tierras, el resto de minerales, son infusibles.

-Se describieron propiedades como el brillo, diafanidad, densidad y características magnéticas.

- Se describieron **efectos ópticos**, como que el cuarzo era capaz de incendiar algodón cuando se colocaba a los rayos del sol.

- Presentación de los tratados anteriores y su comentario.

- Edad Media (476 - 1492)

En el año 1260, el dominico alemán San Alberto Magno describió en su obra

"De mineralibus"

75 piedras y el hábito del octaedro del diamante



- Presentación del tratado y su comentario.

- Edad Media (476 - 1492)

A partir del año 1300, se instalaron grandes centros metalúrgicos cerca de los grandes ríos. De esta forma se volvió a alcanzar el nivel que mil años antes habían tenido los romanos.

Este repunte de la metalurgia culminó con avances en la orfebrería, como se muestra posteriormente en la siguiente obra.

“Quilatador de Plata, Oro y Piedra”

Escrito en 1572 por J. de Arfe de Villafañe y donde pone de manifiesto la buena situación de la metalurgia en España en el siglo XVI

- Descripción del siguiente hito histórico.

Edad Moderna

- Edad Moderna (1492 - 1789)

- Propiedades de los minerales:
 - Conductividad eléctrica

La **conductividad eléctrica** es la medida de la capacidad de un material que deja pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material, los metales son buenos conductores.

- Explicación propiedad conductividad eléctrica.

Actividad 9

- Edad Moderna (1492 - 1789)

- Actividad:
- Dada la siguiente tabla, se trata de adivinar que mineral corresponde a las distintas propiedades.

MINERAL		
COMPOSICIÓN	Carbono	Carbono
ESTRUCTURA CRISTALINA		
DUREZA	Muy duro	Blando
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Aislante	"Conductor"
OTRAS	Características ópticas destacables	Se exfolia con facilidad

- **Actividad 9.** Con esta actividad se pretende que comprendan la importancia de la estructura para la diversidad de usos y como dos minerales con la misma composición son tan diferentes.

SESIÓN N°4: Edad Moderna

- **Actividad 10.** Realizar gráficas de producción de yeso en distintos años, buscando la información en internet. Con esta actividad se persigue el desarrollo de la competencia matemática y la competencia en el tratamiento de la información y digital. Para esta actividad se ha elegido el yeso, que es un mineral muy abundante en la provincia de Valladolid, y es necesario que los alumnos aprendan la geología de su entorno.

Por otro lado es importante que sepan que existen páginas de internet para buscar información sobre minerales.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

En 1556 Agrícola escribe

“De Natura Fossilium” y “De Re Metálica”

Describe a los minerales según color, brillo, dureza, transparencia, solubilidad, densidad, formas geométricas, fusibilidad, fractura y algunas características específicas.

- **Actividad.**

Actividad 11

- Con lo que sabemos, ¿creéis apropiado para clasificar los minerales usar las propiedades físicas color, brillo y transparencia? ¿Por qué?

- Presentación del tratado
- **Actividad 11.** Con esta actividad se pretende que los alumnos sean críticos con el tratado anteriormente citado.

Ellos mismos se dan cuenta de la facilidad de clasificar los minerales usando estas propiedades y también entienden que estas propiedades son menos rigurosas a la hora de clasificar.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

- Propiedades de los minerales:

– **Dureza**, la resistencia que ofrece la superficie lisa de un mineral a ser rallada. La dureza se mide de acuerdo a la escala de Mohs (1820).

Dureza	Mineral	Comparación
1	Talco	La uña de la mano lo raya con facilidad
2	Yeso	La uña de la mano lo raya
3	Calcita	La punta de un cuchillo lo raya con facilidad
4	Fluorita	La punta de un cuchillo lo raya
5	Apatito	La punta de un cuchillo lo raya con dificultad
6	Feldespato potásico	Un trozo de vidrio lo raya con dificultad
7	Cuarzo	Puede rayar un trozo de vidrio con facilidad
8	Topacio	Puede rayar un trozo de vidrio con facilidad dejando una marca gruesa
9	Corindón	Raya todos los minerales menos el diamante
10	Diamante	Puede rayar todos los minerales existentes

- Explicación de la propiedad dureza.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

“Historia Gemmarum Et Lapidarum”

En 1609, describe 647 piedras. Distingue 5 grados de dureza:

- Piedras endurecidas
- Piedras bladas
- Piedras duras atacables a las limas
- Piedras que tienen que trabajarse con esmeril
- Piedras que sólo se pueden trabajar con el diamante.
- Estudio de las variedades del cuarzo atendiendo al color

Actividad 12

• Actividad.

- ¿Crees que se parece a la escala de Mohs del año 1820?

- Presentación del tratado.
- **Actividad 12.** Esta actividad permite reflexionar a los alumnos sobre esta época y actualmente.

SESIÓN N°5: Edad Moderna y Edad Contemporánea.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

Actividad 13

- ¿Qué variedades del cuarzo conoces?



AMATISTA



CUARZO ROSA

- **Actividad 13.** Esta actividad pretende que los alumnos afiancen los conceptos de propiedad color, y como la diferencia de colores no implica que sea un mineral distinto.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

“De Solido Intra Solidum Naturaliter Contento Disertationis Prodomus”

En 1669, con un goniómetro se comprueban los ángulos de las caras de los cristales de cuarzo de diversas procedencias. **CONCLUSIÓN:** Independientemente del origen todos los ángulos se repiten de un lugar a otro.

“Tratado de la Luz”

1672 Huygens, explica las propiedades ópticas del cuarzo y de la calcita, apuntando la idea de que sus estructuras están formadas por distribuciones regulares.

- Presentación de los tratados y comentario de los mismos.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

Actividad 14

• **Práctica de laboratorio:**

“Crecimiento de cristales de sal”

- ¿Qué forma presentan los cristales?
- ¿Qué ha ocurrido con los cristales expuestos a mayor temperatura?
- ¿Crees que esta experiencia se puede trasladar a la realidad?

- **Actividad 14.** Práctica de laboratorio. Con esta práctica se pretende que los alumnos entiendan de forma experimental como se forman los minerales, en este caso el mineral halita y apliquen dicho conocimiento a la realidad.

Los alumnos han sido capaces de encontrar la diferencia entre los cristales formados a temperatura ambiente y los formados a mayor temperatura (encima de un radiador). Por otro lado, la práctica también tiene como objetivo que los alumnos entiendan como ocurre el proceso de formación de rocas evaporitas como la halita.

Durante esta práctica y de forma totalmente espontáneo yo había realizado una prueba con un hilo atado a un clip y éste suspendido en la disolución de cloruro sódico. Los óxidos de hierro del clip han pasado a teñir de color naranja a los cristales de halita. Esto me ha servido para explicar cómo se producen las tinciones en los minerales incoloros o con tonalidades suaves.

- Edad Moderna (1492 - 1789)

En 1711-1765, el químico ruso M. Lomonosov, escribe tratados sobre minerales basados en criterios físico-químicos, proponiendo los siguientes grupos:

- Metales	- Semimetales	- Combustibles	
- Sales			
- Piedras y tierras	- Menas	- Piedras preciosas	
- Piedras medicinales			

“Sistema de la Naturaleza”

1768, C. Linneo, afirma que los minerales que tienen la misma forma poseen composiciones similares.

Actividad 15

- Creéis que la afirmación de Linneo es cierta?
Fijaros en la piritita (FeS_2) y en la halita ($NaCl$)

En 1781, se enuncia la 2ª Ley de la Cristalografía
“CADA FORMA CRISTALINA TIENE SU RED”

- Presentación de los tratados e hitos.
- **Actividad 15.** Con esta actividad se pretende que los alumnos entiendan que los errores ayudan a la evolución. Esto deben aplicarlo a su vida.

- Edad contemporánea (1789 - Presente)

Entre 1830-1841, W. Nicol construye el **microscopio petrográfico**

J. Berzelius (1819) propone la primera **clasificación puramente química**

En 1858, Sorby utiliza el microscopio de luz reflejada para el estudio de metales. **METALOGRAFÍA**

“Simetría de los Sistemas Regulares de Figuras”, en 1890, donde aparecen por primera vez los 230 grupos espaciales de simetría posibles.

En 1912, Max von Laue, atraviesa un cristal de sulfato de cobre con Rayos X y obtiene en una placa fotográfica una serie de puntos que reflejan la simetría de la sustancia.



- Presentación de los diversos hitos que marcan esta época.

La explicación de estos hitos debe empezar por recordar que antes los criterios de clasificación se basaban en propiedades organolépticas y usos, estas clasificaciones eran intuitivas. Posteriormente, las clasificaciones fueron adquiriendo criterios más científicos.

Las primeras clasificaciones fueron puramente químicas como Berzelius en 1819. Posteriormente con el auge del uso de la Difracción de Rayos X, se elaboraron clasificaciones puramente estructurales que duraron alrededor de 20 años, como es el caso de Ewald en 1931.

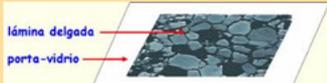
- Edad contemporánea (1789 - Presente)

- Microscopio petrográfico

<http://p175-053.ujaen.es/opticamineral/paginas/default.htm>

La microscopía óptica es la técnica fundamental para el reconocimiento y caracterización de las rocas. Las características específicas de las rocas cuando se estudian con luz polarizada, reciben el nombre de **propiedades ópticas**.

Para ver las rocas se necesita preparar un corte muy fino (0,03 mm) que se conoce como **lámina delgada** y permite que la luz pueda atravesar la roca.

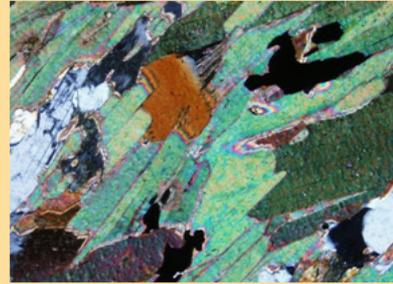


- Explicación del microscopio petrográfico

Biotita



Sin analizador

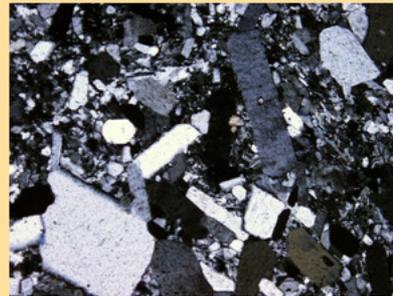


Con analizador

Yeso, roca sedimentaria



Sin analizador



Con analizador

- Edad contemporánea (1789 - Presente)

Durante el siglo XX, se desarrollan nuevas clasificaciones de minerales, ahora ya basadas en criterios mixtos. Se aborda el criterio químico y se conjuga tal criterio con los estructurales y con los geoquímicos.

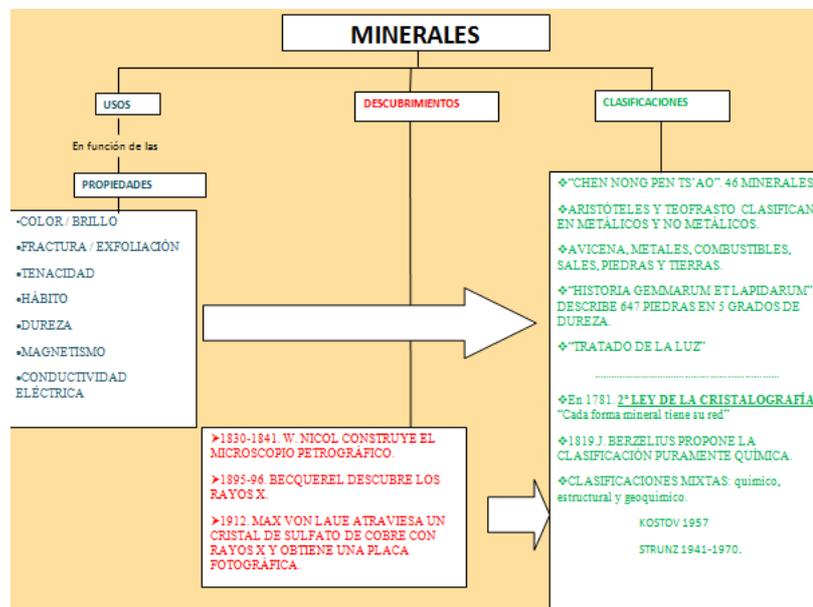
Las más conocidas Kostov (1957) y Strunz (1941-1970)

Cada año se incorporan entre 60 y 80 nuevas especies a una lista que ya supera las 4.000, según la IMA (International mineralogical Association)

Actividad 16

• Actividad: noticia del Coltán

- Explicación de cómo se encuentra la clasificación de los minerales actualmente, es decir, ya no es ni puramente química ni estructural sino que conjuga ambos criterios con los geoquímicos.
- **Actividad 16.** Esta actividad se realizará en casa y ayuda a que los alumnos tengan una visión real y actual del mundo de los minerales. Y por otro lado para que aprendan a valorar lo que tienen.



- **Mapa conceptual,** a través del mapa conceptual se persigue que los alumnos tengan un esquema de los conceptos dados y puedan organizar el contenido de la presente unidad didáctica.

Actividad
cuestionario KPSI

- Puedo explicar la diferencia entre un mineral y una roca.
 - Conozco algún mineral o grupo de minerales.
 - Conozco la clasificación de los minerales.
 - Conozco algún mineral que esté presente en mi vida cotidiana.
 - Puedo explicar porque el conocimiento es interdisciplinar
 - Conozco la profesión del científico.
 - Conozco como se construye el conocimiento
- ¿Creéis que es fácil clasificar los minerales? ¿Por qué?

- **Evaluación final a través del cuestionario KPSI.** Con este los alumnos se dan cuenta de su aprendizaje, al debatirlo en grupo se despejan las dudas que les puedan quedar y el profesor se da cuenta del aprendizaje de los alumnos.

6.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

HISTORIA DE LA MINERALOGIA

La historia de la Humanidad ha estado unida a los minerales desde sus inicios.

PREHISTORIA

En el Paleolítico se usaban determinados minerales para la fabricación de armas y herramientas. Aunque el material preferido era el sílex o pedernal, también se empleaban otras variedades de cuarzo, actinolita fibrosa, granito, ciertos esquistos e, incluso, calizas duras y obsidiana.

También se preparaban pinturas y pigmentos mediante suspensiones de minerales pulverizados en agua o en aceites. Algunos de los más usados eran hematites, pirolusita, oropimente, cinabrio, malaquita, azurita, etc.

Se sabe que cuando se agotaron los trozos de sílex que se encontraban en la superficie, se empezaron a buscar en el subsuelo, mediante prospecciones. A finales del Paleolítico y durante el Neolítico, ya se realizaban pozos de cierta profundidad y galerías para acceder a los niveles de pedernal que se encontraban entre la creta o entre las calizas eocénicas. Se han encontrado estas minas en diversos lugares de Europa (Francia, Inglaterra, Alemania, Bélgica, etc.) y también en Egipto (Valle del Nilo). En Francia, se sabe que se explotaban unas minas de las que se extraía un sílex amarillento del que se tallaban hojas que, posteriormente, eran enviadas a numerosos lugares de toda Europa Occidental.

También se sabe que determinados minerales eran empleados para adornos en función de su brillo y de sus colores (ágata, turquesa, variscita, cornalina roja, hematites...)

El hallazgo de los metales en estado nativo marcaba un importante hito en la historia de la Humanidad. El uso del oro, la plata y el cobre, debido a sus propiedades, se generalizó para la fabricación de objetos ornamentales y algunos utensilios domésticos. Sin embargo, no podían ser empleados en la fabricación de armas y herramientas. Por eso, un hecho más importante lo constituyó el descubrimiento de los metales contenidos en los minerales.

Aunque no hay evidencia clara de cómo pudo realizarse tal hallazgo, todo apunta a hechos como los que se citan a continuación. En algún momento pudieron llegar a emplearse rocas con alto contenido en óxidos, carbonatos o sulfuros para la construcción de hogares. Los gases procedentes de la combustión y el carbón fueron capaces de reducir el óxido metálico (también pudieron ser sulfuros) que se encontraban en las rocas del horno. Estos metales (en estado líquido) se irían escurriendo y, posteriormente, depositándose hasta que alguien se diese cuenta de que una masa líquida brillante que al enfriar solidificaba y poseía unas propiedades útiles, manaba de las piedras. Además de ser muy útil por ser más duro que los metales nativos encontrados hasta ese momento, resultaba más fácil de obtener ya que las piedras que contenían óxidos eran mucho más abundantes. De esta forma pudieron descubrirse metales tales como el estaño, el plomo y el hierro. Más adelante, se descubrió que el estaño podía mezclarse con el cobre cuando ambos estaban fundidos y que, al enfriar, se formaba un nuevo metal con unas propiedades muy adecuadas para ciertos menesteres, esto pudo ocurrir hace 7000 años aproximadamente.

Hace unos 5000 años, los egipcios y los mesopotámicos practicaban la minería subterránea y extraían minerales que les permitían la preparación de bronce. Sabían que los bronce de mejor calidad correspondían a una proporción de 9 partes de cobre por cada una de estaño, aunque también trabajaban con otras proporciones e, incluso, con otros metales que modificaban ciertas propiedades.

En Egipto se usaron varios minerales con fines médicos, incluyéndose en la composición de brebajes, cataplasmas, enemas, masajes, etc. Algunos de los minerales usados fueron: Alabastro, crisocola (llamada también colirio verde), natrón, cobre, arsénico y galena (colirio negro).

También en Europa se han encontrado restos de fundiciones de bronce (Austria, Alemania, etc.). Se sabe que el estaño ya se obtenía de casiteritas procedentes de Inglaterra. Todo esto debió dar lugar a un activo comercio de minerales y metales por toda Europa.

En diversos lugares de Europa se practicaba la minería de la sal, de la cual se han encontrado importantes vestigios entre los que se incluyen herramientas e, incluso, seres humanos conservados en sal, probablemente a causa de algún derrumbe.

En la Antigua China se obtenía sal evaporando agua salada en cubetas calentadas por gas natural. Hay evidencia de esto a través de pinturas. También en China se explotaban las tierras de caolín para la fabricación de porcelanas. Para los antiguos chinos el oro poseía propiedades sobrenaturales, pues pensaban que quien comía en platos de oro, alcanzaba edades muy avanzadas y quien comía oro, se hacía inmortal.

Hace unos 5000 años, en Mesopotamia se empleaban con gran profusión minerales tales como la malaquita, turquesa, ópalo, lapislázuli, ágata, etc., en la fabricación de ornamentos de diversa índole. Todas estas gemas pudieron llegar procedentes de diversos lugares, dada la situación estratégica ocupada y el nudo de comunicaciones entre Oriente y Occidente que constituían estas tierras.

En las ruinas de Nínive que datan de hace 4000 a 5000 años y también en Egipto, han aparecido restos de materiales ferrosos, lo cual revela que por entonces ya se practicaba la Siderurgia, aunque parece ser que eran los sacerdotes quienes realizaban esta tarea. Según descubrimientos recientes, parece probable que sea más antigua la Siderurgia que la Metalurgia del bronce, pero esto no había podido ser comprobado hasta ahora ya que dada su naturaleza, sólo se habían conservado piezas de bronce, mientras que las piezas de hierro, al pasar a limonita, podían haberse perdido. Con métodos actuales de análisis se están detectando elevadas concentraciones de hierro en algunos yacimientos, lo cual revela la posible presencia de piezas de tal metal de antigüedad mayor que algunos bronce.

En China, el tratado sobre Ciencias Naturales más antiguo del que se tiene referencia, es el "Chen Nong Pen ts'ao" y se describen 300 plantas y 46 minerales.

EDAD ANTIGUA

En China, hacia el año 83 de nuestra era, se dio a conocer la brújula, que se trataba de una especie de cuchara tallada en magnetita que se apoyaba en una placa de bronce bien pulimentado y que se orientaba de norte a Sur.

En tiempos de Demócrito de Abdera (460-370 a.J.C.) se hablaba de la discontinuidad de la materia, de los átomos asociados al "ser de la materia" y del vacío asociado al "no ser de la materia", ocupando los intersticios. La misión del vacío sería permitir el movimiento de los átomos. Como su nombre indica, los átomos serían entidades indivisibles y además son

eternas. Los átomos se diferencian unos de otros por el tamaño y por la posición relativa en cada cuerpo. Hay que tener en cuenta que, para los griegos de esta época, la experimentación no tenía mucho valor y basaban sus conocimientos científicos en los razonamientos teóricos, lo cual impidió un mayor desarrollo de la Ciencia.

La Historia escrita de la Mineralogía en Occidente comienza con los filósofos griegos Aristóteles (384-322 a.J.C.) y Teofrasto de Efeso (378-287 a.J.C.). Aristóteles, en su "Tratado de las Piedras", esbozó una clasificación en la que ya se distinguían los minerales metálicos de los no metálicos y en estos últimos diferenciaba las piedras y las tierras. Teofrasto (discípulo de Aristóteles), hacia en año 315 a. J. C., escribió sus obras "De los Metales" y "De las Piedras". De la primera no se conserva nada, pero de la segunda se conserva una buena parte, en la que se describen 60 minerales y rocas, así como sus diversas aplicaciones. Se habla del cinabrio, de su relación con el mercurio y de su uso como colorante. También se habla de las propiedades que poseía el polvo de amatista para evitar la embriaguez cuando se tomaba antes de ingerir alcohol. Del cristal de roca comenta Teofrasto que podía ser un hielo tan enfriado que nunca se podía volver a fundir, siendo eficaz como amuleto contra el dolor de muelas. Teofrasto hace varios comentarios sobre las formas geométricas de algunos minerales.

En Roma, Plinio el Viejo (23-79) escribió la "Historia Natural" en la que describe el reino mineral y hace un estudio de las formas geométricas que aparecen en los cristales de cuarzo. Plinio pereció en Pompeya, cuando acudió para estudiar la erupción del Vesubio. Durante el Imperio Romano se explotaron innumerables minas que suministraron la materia prima para los hornos que, ya bastante sofisticados, poseían los romanos. Los metales que salían de estos hornos eran fundamentalmente hierro, cobre y bronce. Así, se inundó el Imperio de piezas metálicas de todo tipo (clavos, fíbulas, etc.). Pero también se empleaban ya otros metales. El plomo fue empleado con cierta profusión para la fabricación de las cañerías que se instalaron en Roma. Una buena parte de ese plomo fue extraído de las galenas de la zona Bética. También de las galenas argentíferas extraían la plata y preparaban pigmentos (albaya y cerusa). Con el plomo también fabricaban anclas (cosa que ya empezaron a hacer los fenicios cuando explotaron el plomo de Andalucía), así como las grapas y abrazaderas que empleaban en la fabricación de recipientes de madera (como, por ejemplo, las barricas de vino). Más adelante, en la Edad

Media, se emplearían los minerales de plomo en la fabricación de barnices, pinturas y vidrios.

EDAD MEDIA

Con la caída del Imperio Romano, los conocimientos que se poseían quedaron prácticamente olvidados. En muchos lugares de Europa la minería se abandonó totalmente y los metales comenzaron a escasear (fue, en muchos aspectos, como una vuelta al Neolítico). Sólo en contados y muy determinados lugares del continente, se continuó con la actividad minera y metalúrgica y, fundamentalmente, con fines militares. Pero en otras zonas del mundo las actividades minero-metalúrgicas se seguían practicando (China, India, Damasco...).

Durante la baja Edad Media, con el auge de la Alquimia, se atribuyó a algunos minerales ciertas propiedades mágicas. Así, se suponía que el cristal de roca prevenía la sed y con este mineral se empezaron a fabricar recipientes para el agua. Otro mineral, la serpentina, se empleaba contra las mordeduras de animales peligrosos. También se atribuía al topacio la propiedad de curar la tristeza al ser añadido al vino.

Hacia el año 600, San Isidoro de Sevilla (560-636) recopiló datos sobre numerosos minerales y metales. Estudió las propiedades del hierro, indicando la existencia de varias clases de metal dependiendo del tipo de tierras de las que se extraiga. Había hierros blandos, hierros duros, hierros frágiles, hierros que creaban fácilmente orín (óxidos hidratados de hierro), hierro ornamental, etc. Estas diferencias estaban marcadas por las impurezas que poseía el mineral en su origen y por el tratamiento metalúrgico que había recibido. San Isidoro hace mención a la forma geométrica de algunos cristales como el cuarzo y la esmeralda.

Durante la Baja Edad Media florece la Alquimia, los alquimistas consideran la materia formada por tres principios comunes, el mercurio (el carácter metálico y la volatilidad), el azufre (la combustibilidad) y las sales (la solubilidad y la solidez). La transmutación de los metales sería la principal preocupación de los alquimistas. Para ello había que contar con la "piedra filosofal", cuya preparación constituía el objetivo de la Alquimia. Más adelante se intentaría obtener el "elixir de la larga vida" o "elixir filosofal", cuya misión sería eliminar

las enfermedades, prolongar la juventud y alcanzar la inmortalidad. La Alquimia no estaba bien vista por la Religión y hubo de desarrollar gran parte de sus actividades en secreto. El "Liber Mutus" era un libro de Alquimia que "enseñaba" la preparación de la "piedra filosofal" sólo con imágenes poco clarificadoras (era un libro para "entendidos"). No es necesario decir que la Alquimia nunca logró sus propósitos. Sin embargo, los métodos y aparatos utilizados por los alquimistas supusieron avances en el desarrollo de la Ciencia.

Hacia el año 1000, Al-Biruni (973-1048) calculó la densidad de varios minerales. También encontró inclusiones líquidas en algunos cristales, suponiéndose que eran restos del material del que se había formado.

En esta época, Avicena (980-1037) estableció la primera clasificación conocida de rocas y minerales (la clasificación de Aristóteles se había perdido) que figura en su "Tratado de las Piedras":

- Metales: Los minerales, de cuya fusión se extraen los metales. Aquí también se incluyen las gemas.
- Combustibles: También llamados fósiles o azufres. Incluye, fundamentalmente, al carbón y a otros combustibles.
- Sales: Minerales que se pueden disolver en agua.
- Piedras y Tierras: El resto de los minerales no incluidos en los apartados anteriores. Son infusibles.

Esta clasificación relacionaba muchas piedras preciosas con algún metal. Por ejemplo, relacionaba el corindón con el oro. Pero esta relación se basaba fundamentalmente en ideas místicas e, incluso, mágicas, dejando patente como las creencias sobrenaturales podían mezclarse con las ideas científicas, lo cual es un hecho característico de muchos pueblos no sólo en la Edad Media sino también en épocas más cercanas.

Junto a esta clasificación, se realizaron descripciones más o menos centradas en el color, al que se comparó continuamente con objetos, naturales o artificiales, ajenos a los minerales. Se habló del color aceituna, color rosa, color paja, color col, etc. También se describieron otras propiedades como el brillo, la diafanidad, la densidad e, incluso, algunas

características magnéticas en el caso de la piedra imán o magnetita. También se intentó describir algún efecto óptico relacionado con los minerales. Del cuarzo hialino (al que llamaban bulur) decían que era capaz de incendiar el algodón o un trozo de tela negra cuando se colocaba a los rayos del sol.

Poco antes del año 1000 (alrededor del 990), y coincidiendo con el Sacro Imperio Romano Germánico, la Metalurgia y la Minería europeas comenzaron a renacer y a tomar un auge comparable al de la época romana. Se construyeron hornos grandes y eficaces en los que se fundieron bronce de calidad empleados en la fabricación de las campanas de las numerosas catedrales que se construyeron por toda Europa a partir del año 1000.

Durante el reinado de Alfonso X el Sabio (1221-1284) se escribió el "Lapidario" en el que se mencionaron hasta 360 piedras y donde eran descritas con gran amplitud 280. Se describían de ellas, sus propiedades físicas y sus virtudes curativas.

En el año 1260, el dominico alemán San Alberto Magno (1193-1280) describió, en su obra "De Mineralibus", 75 piedras, relatando en ellas sus características más importantes y describiendo algunas de sus formas cristalinas, como por ejemplo, el octaedro del diamante. También mencionaba las propiedades medicinales que poseían algunas de ellas. Otras aportaciones de San Alberto Magno a la Química y a la Mineralogía son las siguientes: caracterización del cinabrio, preparación de cerusita y de minio en el laboratorio, descripción de la acción de los ácidos sobre metales y minerales, así como su uso para la separación del oro y la plata en aleaciones, obtención de potasa a partir de la cal, estudio del proceso de calentamiento del azufre, descripción de diversas operaciones de laboratorio como molienda, destilación, disolución, cementación ..., establecimiento del concepto de "afinidad" como la tendencia a reaccionar entre dos o más entidades químicas.

En su obra "*De Alchimia*", San Alberto Magno expone sus ideas sobre los conocimientos y comportamiento que deben tener los alquimistas.

San Alberto Magno hizo aportaciones a otras ramas de la Ciencia, como la Zoología, con su obra "*De Animalibus*" (26 tomos), donde describe numerosas especies, alguna extinguida ya, y estudia numerosos tejidos animales. A la Botánica aporta la obra "*De*

vegetalibus aut plantis", en donde realiza una clasificación de los vegetales, expone consideraciones fisiológicas diversas y da consejos de utilidad en Agricultura como, por ejemplo, métodos de vinificación y nociones de Edafología. Por toda su obra San Alberto Magno está considerado como el Doctor Universal

Unos años antes, el dominico Tomás de Cantimpré (1200-1280), en los tomos XIV y XV de su enciclopedia "*De Naturis Rerum*", hizo un estudio de las piedras y de los metales respectivamente.

A partir del año 1300, se instalaron grandes centros metalúrgicos cerca de los grandes ríos, que suministraban energía hidráulica para las soplantes de las forjas. En las orillas del río Rhin aparecieron los primeros altos hornos en Siegerland y Franconia los cuales, gracias a las soplantes, podían alcanzar las temperaturas necesarias para la fusión. De esta forma se volvió a alcanzar el nivel que mil años antes habían tenido los romanos.

A partir del siglo XIV, se empezó a extender el uso del hierro y se fabricaron con él numerosos útiles, herramientas, armas, adornos, etc.

Durante el siglo XV, adquiere gran relevancia la minería del hierro en España, instalándose en Cataluña y en el País Vasco hasta 500 forjas que venden productos de gran calidad a varios países de Europa.

Al finalizar la Edad Media había una gran confusión en lo que respecta a las Ciencias Naturales. Aunque se consideraba la existencia de 3 Reinos en la Naturaleza (Animal, Vegetal y Mineral), había numerosas entidades que no se habían conseguido ubicar (las esponjas se consideraban intermedias entre vegetales y animales) o se ubicaron de forma errónea (las perlas se consideraban minerales, el coral se consideraba una piedra formada por plantas congeladas, etc.). El origen de esta confusión pudo estar en la gran variedad de datos que se habían ido recopilando, en su mayoría procedentes de tratados antiguos que en buena parte se encontraban incompletos y que no aportaban muchas explicaciones sobre etimologías y procedencias de los materiales tratados en ellos. Esto se intentó completar con suposiciones no siempre acertadas.

Ante este panorama se imponía desarrollar una clasificación y una nomenclatura mineral, la cual puede resumirse como se muestra a continuación:

1.- Tierras: Son materiales que no se forman por exhalaciones ni se subliman por la acción del fuego. Se incluyen aquí arenas, margas, arcillas, creta, etc.

2.- Rocas masivas: Son las rocas que pueden tener formas y aspectos muy variados.

3.- Venas y filones: Según Agrícola (George Bauer, 1494-1555), los elementos minerales rellenan huecos y grietas en las rocas preexistentes. En la formación de estos materiales tiene gran importancia el agua, como lo prueba (según Agrícola y otros autores antiguos), la enhidra o piedra de agua. B. Palissy (1510-1589) habla de las "aguas congelativas" las cuales se encargan de precipitar y endurecer los productos que se encuentran disueltos. Los minerales transparentes (cristal de roca, etc.) son una prueba de ello, pues se consideran productos de congelación. En esta época no se conocía la cristalización, toda solidificación se consideraba una congelación, del mismo modo que el hielo se forma por la congelación del agua.

4.- Sales: Se incluyen aquí una serie de materiales con diversos orígenes. Recordemos que, por ejemplo, la sal común se obtenía desde tiempos antiguos, tanto del agua del mar, como de las minas del Centro de Europa y otras zonas. Se incluyen también aquí el nitro, el natrón (abundante en la zona de Egipto y del Sinaí) y el bórax (denominado tinkar por los árabes). Sin embargo, había gran confusión con algunas de las sales.

5.- Gemas: Había una amplia información bibliográfica sobre estos materiales. Se conocían descripciones de diversas joyas de la Época Antigua y también de las propiedades mágicas de muchas de ellas. Además, se publicaron numerosos trabajos sobre estos temas. Sólo en Francia, durante el siglo XVI se pueden mencionar los trabajos siguientes: "Blasons domestiques" (Gilles Corrozet, 1539), "Blason des pierres précieuses" (Jean de la Taille, 1572), "Amours et nouveaux échanges des pierres précieuses" (Rémy Belleau, 1576).

Este último autor afirma que las turquesas cambian de color cuando se colocan junto a una persona con fiebre. Recordemos que, en tiempos más antiguos, se había comentado de la turquesa que si era portada por una mujer entre sus adornos y ésta

era infiel al marido, se producía un cambio de color. Actualmente se sabe que, al igual que un gran número de minerales, los cambios de temperatura y de humedad provocan esos cambios de color.

6.- Metales. Metalogénesis: Desde la Antigüedad se habían relacionado los cuerpos celestes con los metales, cosa que había seguido haciendo la Alquimia: Oro-Sol, Plata-Luna, Estaño-Júpiter, Cobre-Venus, Hierro-Marte, Mercurio-Mercurio, Plomo-Saturno (saturnismo o cólico saturnino es una intoxicación con plomo).

Paracelso (Ph. A. Teophrastus Bombast von Hohenheim, 1493-1541) dividió los metales en dos clases:

Metales perfectos: Oro y plata.

Metales imperfectos: Hierro, cobre, plomo y estaño. Posteriormente se añadiría el antimonio.

Los metales se generan a partir de los vapores que emanan del interior de la tierra, los cuales se introducen en huecos y fisuras en donde se van espesando y endureciendo hasta formarse cada metal.

EDAD MODERNA

El florecimiento de la industria minera se refleja en la gran cantidad de libros y tratados sobre minerales, minería y metalurgia, algunos de los cuales son los siguientes:

"La Pirotechnia" (1540), Vannoccio Biringuccio de Siena.

"De Re Metalica" (1551), Christoph Entzel (Encelius).

"De Natura Fossilium" (1554-55) y *"De Re Metalica"* (1556), Agricola.

"De Re Metalica" (1569), Bernardo Pérez de Vargas.

Agrícola describe de los minerales su color, brillo, dureza, transparencia, solubilidad, densidad, formas geométricas, fusibilidad, fractura y algunas características específicas. También hace descripciones sobre procesos metalúrgicos y sobre los metales.

En 1572, se publica en Valladolid la obra "Quilatador de plata, oro y piedras" de J. de Arfe de Villafañe, un trabajo que pone de manifiesto la buena situación de la Metalurgia en España durante este siglo.

Hacia 1583 Lazarus Ercker (discípulo de Agricola) publica un tratado sobre análisis de minerales donde se incluyen métodos para localizar depósitos minerales con el uso de la brújula y se deshechan todos los métodos mágicos.

Sin embargo, aún se admite la existencia de poderes ocultos procedentes del interior de la tierra que influyen sobre los fenómenos y a los que se recurre cuando la Química y la Física no dan explicación.

Otro hecho importante en esta época es el progresivo abandono del latín para las publicaciones técnicas y científicas y el empleo de las lenguas al uso.

Durante el siglo XVI se inventan la hojalata y el estañado de las planchas de hierro. El invento de la imprenta daría gran auge a la Minería y a la Metalurgia del Plomo durante este siglo y también durante el siglo XVII.

En China, durante el siglo XVI, se publica un libro titulado "Pen T'sao Kang Mu", en el que el autor (Li-Che-Tchen) describe 217 minerales.

En el siglo XVII la Mineralogía se configura, en cuanto a la metodología, como un compendio de ciencias matemáticas, físicas, químicas y naturales. Se compone de varias ramas:

- Cristalografía: Se considera la parte más pura de la Mineralogía y estudia las propiedades relacionadas con la simetría
- Mineralogía química: Estudia la composición química de los minerales.
- Petrografía: Describe los minerales, sus asociaciones (rocas), su origen y su situación en la Naturaleza.

Hay que indicar que, en todo momento, la Mineralogía aparece separada de la Geología y los minerales constituyen por sí mismos uno de los tres reinos de la Naturaleza. Durante

este siglo dieron empuje a la Mineralogía las investigaciones de Descartes, Hooke, Leeuwenhoek, Boyle, Stenon y otros.

En 1609, el belga Anselmo Boecio de Boodt (1550-1632) que se encontraba en Bohemia al servicio del emperador Rodolfo II desde 1604, publica la obra "Historia gemmarum et lapidarum". En esta obra trata un total de 647 piedras preciosas, minerales y rocas, describiendo sus propiedades, yacimientos y usos. Hace especial hincapié en las propiedades físicas. Por ejemplo, en la dureza distingue 5 grados: Piedras endurecidas, Piedras blandas, Piedras duras atacables por las limas, Piedras que tienen que trabajarse con el esmeril, Piedras que sólo se pueden trabajar con el diamante.

Describía también algunas propiedades ópticas de varias gemas y estudia las variedades del cuarzo atendiendo al color. También estudió las propiedades terapéuticas de ciertas piedras preciosas. Esta obra se tradujo al francés en 1644, con el título: "*Le parfait joaillier, ou Histoire des Pierreries*".

En 1611, J. Kepler (1571-1630) hace una descripción de la disposición hexagonal de los cristales de hielo en los copos de nieve. Diferencia entre el empaquetamiento hexagonal compacto y el cúbico compacto. Más adelante estos estudios fueron completados por R. Hooke (1635-1705).

En 1623, Comeldon diseña un tratamiento de galenas, con carbón de hulla, que permite obtener grandes cantidades de plomo.

En 1640, el párroco de Potosí, A. Alonso Barba publica el libro "El Arte de los Metales....", en donde se exponen los métodos de amalgamación en caliente y otras técnicas metalúrgicas. Este libro constituyó una obra de consulta hasta el año 1800.

En 1661, R. Boyle (1627-1691) publica la obra "El Químico Escéptico", en la que se exponen la idea del elemento químico y la Teoría Atómica para la explicación de numerosos hechos de la Química. Se puede decir que con esta obra Boyle acaba con la Alquimia, aunque no desecha totalmente la posibilidad de transmutar los metales. Otras aportaciones de Boyle a la Física y a la Química son sus trabajos sobre los gases (incluidos los métodos de determinación de los mismos y el estudio de los procesos de oxidación por

el aire) y los métodos de caracterización de mezclas y combinaciones con determinados reactivos.

En 1669, el físico danés Niels Steensen (Nicolás Stenon, 1638-1686), publica la obra "De solido intra solidum naturaliter contento disertationis prodomus" (Florencia, 1669) en la que se plasma un importante hallazgo que abre el camino al conocimiento de las estructuras cristalinas. Utilizando el goniómetro comprueba los ángulos de las caras de los cristales de cuarzo de diversas procedencias, llegando a la conclusión de que, independientemente del origen, todos los ángulos se repiten de un cristal a otro. De esta forma, se comprueba por vez primera la "Constancia de los ángulos diedros". Kepler había observado también la constancia de los ángulos diedros de otros minerales. Stenon descubrió también las inclusiones fluidas en los cristales.

En 1670, el danés Erasmo Bartholinus (1625-1698) descubre la doble refracción en el Espato de Islandia, que explica en su trabajo "Experimenta crystalli Islandici disdiacastici, quibus mira et insolita refractio detegitur".

En 1672, Huygens (1629-1695) observa como se polariza un rayo luminoso en un cristal de Espato de Islandia. En 1690, Huygens explica en el "Tratado de la Luz" las propiedades ópticas del cuarzo y de la calcita, apuntando la idea de que sus estructuras están formadas por distribuciones regulares de corpúsculos que forman una red romboédrica.

Las sales constituyen el principal objeto de estudio para los químicos del siglo XVII, al igual que los metales lo fueron durante el siglo XVI y los sulfuros durante la Edad Media. El punto de partida de la química de las sales estuvo en el estudio de la deflagración de la pólvora negra o del salitre. En esta época aumenta considerablemente el número de químicos y se suceden los descubrimientos.

A finales del siglo XVII, el número de minerales conocidos es próximo a 300.

Durante el Siglo XVII se empiezan a montar Museos de Ciencias Naturales basados en colecciones privadas. El país pionero en este tema es Italia, habiéndose establecido la primera colección en el Vaticano a finales del siglo XVI, durante el papado de Sixto V. También se deben mencionar las colecciones de Aldrovandi en Bolonia y el Calceolarius de Verona. En Inglaterra también se crearon varias colecciones. En 1664 la Royal Society

(fundada en 1660) se hizo cargo de la colección de Robert Hubert. La creación del Museo Británico de Historia Natural fue idea de Robert Hooke, aunque su verdadero fundador fue Sir Hans Sloane, quién legó sus colecciones.

Durante los siglos XVII y XVIII, se empiezan a preparar aleaciones adecuadas para determinados usos. En 1718, Sthal indica la preparativa del latón mezclando cobre con calaminas, aunque todavía pasarían algunos años antes de que se pudiera obtener el cinc metálico más o menos puro. Respecto al cinc, hay que decir que ya fue conocido por los griegos y los romanos, como así lo revelan escritos de Aristóteles, Platón, Homero y Plinio. Incluso, se han encontrado ídolos hechos de latón en Tracia. Además, los minerales de cinc fueron empleados por ciertas propiedades curativas (son antisépticos) desde varios siglos antes de nuestra era. En China y en la India se usaba cinc metálico, el cual fue traído por primera vez a Europa Occidental durante el siglo XVII, siendo denominado entonces "Estaño de Indias" o "tutanego". La palabra cinc ya había sido usada por Paracelso. La obtención del cinc metálico se realiza por primera vez en Europa en el año 1730, cuando Lawson se hace con las fórmulas preparativas empleadas en Oriente. Posteriormente, Champion, en 1743, y Ruhberg, en 1798, introducen importantes mejoras en la Metalurgia del Cinc.

El químico ruso M. Lomonosov (1711-1765), escribe tratados sobre minerales y enuncia una clasificación basada en criterios físico-químicos, proponiendo los grupos siguientes:

Metales	Semimetales	Combustibles (carbones y petróleos)
Sales	Piedras y tierras	Menas
Piedras preciosas	Piedras medicinales	

En 1745, M. Lomonosov publica un catálogo de formas cristalinas de minerales, señalando la Constancia de los Angulos Diedros en ciertos cristales, aunque su trabajo no trascendió a Europa Occidental. Lomonosov realizó importantes investigaciones en diversos campos de la Física y la Química, entre los que destacaremos la Química Analítica. También formula teorías sobre la formación de los yacimientos minerales, relacionándolos con los terremotos.

A.F. Cronstedt (1722-1765) considera que las sustancias orgánicas no deben ser estudiadas por la Mineralogía y desarrolla métodos para el análisis de minerales entre los que deben mencionarse los ensayos con soplete. El mismo Cronstedt, en 1758, propone una clasificación mineral basada en criterios químicos, aunque también tuvo en cuenta ciertos caracteres morfológicos. Esta clasificación se expone en una obra que se tradujo al castellano durante 1783, pero que no se llegó a publicar.

En 1747, P.J. Macquer (1718-1784) encontró la composición del yeso. También en esta época, A.S. Margraff (1709-1782) estudia el espato pesado o baritina llegando a la conclusión de que no contenía calcio, en contra de quienes opinaban que se trataba de un tipo de yeso. Sin embargo, la baritina fue caracterizada por K. Scheele (1742-1786). También Margraff trabajó sobre la obtención del fósforo y del ácido fosfórico a partir de la fosforita y estudio los elementos alcalinos por la coloración a la llama.

En 1748, el español Antonio de Ulloa descubre el platino. Este metal, denominado entonces platina como despectivo de la plata, se utilizaba en América para adulterar el oro. Para evitar este hecho, el Gobierno español hizo arrojar al mar grandes cantidades de este metal. El precio aproximado del platino en aquella época era de 25 pts. el kilogramo.

Hacia 1768, C. Linneo (1707-1778) publica, en Francia, su obra "Sistema de la Naturaleza", en la que aplica a los minerales una nomenclatura doble (genero y especie), como ya había propuesto para animales y plantas. Linneo llega a afirmar que los minerales que tienen la misma forma poseen composiciones similares.

La idea de Especie Mineral no se encuentra aún muy desarrollada, aunque sí que se podía hablar de este concepto desde un punto de vista químico, ya que un mineral es un compuesto químico de naturaleza inorgánica.

Durante el siglo XVIII se van mejorando los microscopios y hacia 1782, L. Daubenton (1716-1800) estudia los agregados dendríticos, aclarando su naturaleza. Otros trabajos microscópicos fueron realizados en 1794 por D. Dolomieu (1750-1810) y en 1800 por L.B. Fleuriau de Bellavue (1761-1852).

En 1765, la Enciclopedia de Diderot y D'Alembert define la Mineralogía del modo siguiente:

La Mineralogía es la parte de la Historia Natural que estudia las sustancias del reino mineral (piedras, sales, combustibles,...), es decir, los cuerpos inanimados.

Se incluyen también los conocimientos de la Minería y de la Metalurgia.

Además, la Enciclopedia matiza que para un buen conocimiento de estos materiales es necesario estudiarlos "in situ", acudiendo a los lugares de la Tierra donde se encuentran, es decir, se requiere el contacto con la Naturaleza.

En 1766, se constituye la Escuela de Mineralogía de Freiberg. En 1775 A.G. Werner (1740-1817) comienza a impartir la Mineralogía. Asistieron a esta Escuela conocidos mineralogistas como J. Breithaupt y Lomonosov. En 1795, Werner publica, en Dresde, un tratado de Mineralogía en el que se describen las características de los minerales con una visión claramente científica. Werner también estudió métodos para la determinación de minerales y propuso clasificaciones en las que predominaba el criterio químico, pero con ciertas matizaciones sobre las propiedades físicas y la morfología. Consideró la Mineralogía una disciplina aparte de la Geología (en la que incluyó la Paleontología). Para Werner la Cristalografía y la Mineralogía Determinativa formaban parte de la Mineralogía Descriptiva. Por otro lado Werner realizó grandes aportaciones a la Geología, como la teoría de formación de los minerales.

Se puede afirmar que la Mineralogía moderna nace en 1770, cuando René Just Haüy (1743-1822), que era botánico, quiso relacionar el concepto de Especie Botánica con el de Especie Mineral, dando a la morfología cristalina la misma importancia que a la composición química. Define la Especie Mineral en los términos siguientes: "*Especie Mineral es un conjunto de cuerpos cuyas moléculas integrantes son semejantes por sus formas y están compuestos por los mismos principios unidos por la misma razón*". Posteriormente realiza una clasificación, en base a la estructura, en la que establecen 5 clases minerales:

Pétreos y salinos

Combustibles no metálicos

Metales

Igneos

Volcánicos

Hacia 1781, Haüy se da cuenta de que la calcita siempre se rompe formando romboedros y que esta forma se conserva por pequeños que sean los cristales. Esto le llevó a suponer que

esta forma se conservaría hasta el nivel atómico y que debía existir la misma disposición por parte de los átomos que constituyen el carbonato cálcico. En sentido inverso, también podrían ser contruidos cristales de calcita con aspectos diversos si se juntaban los trozos que se habían obtenido como consecuencia de la partición. Esto explicaría el gran número de hábitos existentes en la calcita. En general, Haüy consideraba que un cristal es un sistema de pequeños poliedros, todos iguales, llamados moléculas integrantes que se unían por las caras y cuya forma se determinaba mediante los planos de exfoliación o por formas secundarias que derivan de la principal según determinadas leyes. Quedaban definidos así los planos de exfoliación. Como consecuencia de todo esto enuncia la Segunda Ley de la Cristalografía: "Cada forma cristalina tiene su red".

Las ideas de Haüy fueron plasmadas en varias obras, entre las que destacan: *"Essai d'une theorie sur la structure des cristaux appliquée à plusieurs genres de substances cristallisées"* (1784), *"Traité de Mineralogie"* (5 volúmenes) (1801), *"Traité de Cristallographie"* (3 volúmenes) (1822), En el *"Traité de Mineralogie"* se expone una clasificación química de minerales.

Hay que decir que anteriormente, el sueco T. Bergman ya había hecho consideraciones geométricas sobre la relación entre las formas de los cristales de calcita (escalenoedros, romboedros, prismas,...). Aunque este autor considera poco importantes las formas cristalinas a la hora de realizar una clasificación mineral, dando más importancia a los aspectos químicos.

Por tanto, al empezar el siglo XIX, ya está introducido el concepto de hábito, tanto por Werner como por Haüy. En consecuencia, se empiezan a realizar clasificaciones de los cristales y de las formas cristalinas.

Durante el siglo XVIII, coincidiendo con el invento de la máquina de vapor, la Metalurgia, sobre todo la del hierro, atraviesa una importante etapa de auge. Se empieza a necesitar grandes cantidades de hierro y de acero, lo cual impulsa la Minería y la Mineralogía de yacimientos. También se hace necesario ampliar la capacidad y el rendimiento de los hornos. En 1722, Réaumur emplea el coke para la fabricación del arrabio y estudia los procesos de carburación y de conversión del hierro en acero. En 1767, se inaugura el primer alto horno en Europa que pasa por diversas dificultades de funcionamiento. En

1780, después de numerosos fracasos en toda Europa, Cort patenta el primer alto horno de afino. Hacia 1850, funcionaron en Inglaterra alrededor de 150 altos hornos. Al mismo tiempo, en España se empieza a derrumbar la industria siderúrgica al no poder competir en calidad con las potencias europeas.

En 1783, los hermanos Juan José (1753-1804) y Fausto (1755-1833) Elhuyar Lubice aislan, en Vergara, el wolframio a partir de unas wolframitas. Este hallazgo se produce después de que Juan José observara que K. Scheele, en Suecia, había obtenido el ácido tungsténico, pero no había podido obtener el elemento wolframio.

En 1786, L. J. Proust (1754-1826) descubre, en el Laboratorio de Química de la Academia de Artillería de Segovia, la Ley de las Proporciones Definidas.

En 1787, A. L. Lavoisier (1743-1794), junto con otros científicos publica la obra "Método de Nomenclatura Química", en donde se sistematizan los nombres de las sustancias en función de su composición. Como ejemplo, se abandona el nombre de aceite de vitriolo para llamarle ácido sulfúrico.

EDAD CONTEMPORÁNEA

En 1789, aparece la primera revista dedicada de forma monográfica a la Química, "Annales de Chimie".

En 1799, aparece el primer número de los Anales de Historia Natural, publicados por el Real Gabinete de Historia Natural que se creó en 1771.

En 1800, A. Volta (1745-1827) inventa la pila eléctrica y pone los pilares de la Electroquímica, lo cual condujo al descubrimiento de numerosos elementos alcalinos, alcalino-térreos y halógenos.

En 1815, el ingeniero de minas francés P. L. A. Cordier (1777-1861) observa al microscopio minerales sumergidos en líquidos, lo cual permite conocer varias propiedades ópticas de los cristales (métodos de inmersión). Cordier publicó, en 1830, la obra "*Clasificación metódica de las rocas*", en donde realiza consideraciones sobre el origen de las rocas ígneas y sedimentarias.

En 1818, Malus define la luz polarizada y entre 1830 y 1841, el escocés W. Nicol construye el microscopio polarizante, importante avance que permite constatar las propiedades ópticas de muchos cristales.

J. Berzelius (1779-1848) estudia químicamente los minerales y propone, en 1819, la primera clasificación puramente química, que Dana se encargaría de perfeccionar en 1854.

En 1820, Mohs (discípulo de Werner) establece la escala de dureza, basada en 10 minerales tipo.

En 1830, Hessel establece las 32 Clases de Simetría y las relaciona con las formas externas de los cristales.

A principios del siglo XIX, ya está introducido el concepto de hábito, tanto por Werner, como por Haüy, y se empiezan a realizar clasificaciones de los cristales por sus formas y sistemas cristalinos. Eilhard Mitscherlich observa que hay minerales que cristalizan en formas idénticas aunque tengan diferente composición química. Estudia la serie apatito, piromorfita, vanadinita, mimetesita, y también, la serie eritrina, annabergita, vivianita. Sin embargo, al hacer un cuidadoso análisis químico, ve como las fórmulas, aunque formadas por diferentes elementos, son semejantes. Denomina a este fenómeno isomorfismo. También estudia el caso de minerales con la misma composición química pero con diferente forma cristalina, como la calcita y el aragonito (o el grafito y el diamante), estableciendo el concepto de polimorfismo.

En 1858, Sorby utiliza el microscopio de luz reflejada para el estudio de metales. De esta forma se abre el campo a la Metalografía.

E. S. Fiodorov (1853-1919), mediante un riguroso análisis matemático, llega a la Teoría de la estructura de los cristales y, en 1890, publica "Simetría de los sistemas regulares de figuras" donde aparecen por vez primera los 230 grupos espaciales de simetría posibles.

En 1891, el matemático alemán Schoenflies deduce también los 230 grupos espaciales.

En 1891, V.I. Vernadsky (1863-1945) afirma que en los aluminosilicatos el silicio puede estar sustituido por aluminio. Esto sólo podrá demostrarse cuando se realizan los estudios

estructurales, mediante rayos X, de feldespatos y otros aluminosilicatos unos años más tarde.

En 1892, E. S. Fiodorov (1853-1919) inventa la platina universal, que permite cuantificar numerosas propiedades ópticas de los minerales.

A finales del siglo XIX, y dado el gran número de elementos químicos que habían sido descubiertos, D. Mendeleiev (1834-1907) publica su Sistema Periódico.

En 1895, Roentgen descubre los Rayos X cuando experimenta con un tubo de Rayos Catódicos. Observa que se propagan en línea recta y que no son desviados ni por campos eléctricos, ni por campos magnéticos. Al mismo tiempo, observa su gran poder de penetración y su capacidad para impresionar placas fotográficas.

Entre los años 1908 y 1914, V.I. Vernadski (1863-1945) estudia los procesos químicos que ocurren en la corteza terrestre, investigados también por K. Bischoff (1792-1870) y E. de Beaumont (1798-1874). Estos investigadores, junto V. Goldschmidt (1888-1947) y A. E. Fersman (1883-1945) darán origen a la Geoquímica.

En 1912, Max von Laue atraviesa un cristal de sulfato de cobre con los Rayos X y obtiene, en una placa fotográfica, una serie de puntos que reflejan la simetría de tal sustancia. De esta forma demuestra que los Rayos X son difractados por los átomos de la red cristalina, produciéndose fenómenos de interferencia. Las figuras de interferencia obtenidas son la imagen de la simetría del cristal y de la ordenación espacial de sus átomos. Este fenómeno de difracción de los Rayos X por los átomos se realiza gracias a que su longitud de onda es comparable a las dimensiones atómicas. Por estos experimentos, Laue recibe el Premio Nóbel de Física en 1914.

También en 1912, W. Friedrich y P. Knipping obtienen un espectro de difracción de Rayos X de un cristal de esfalerita.

En los años siguientes, W. H. Bragg, W. L. Bragg (hijo del anterior), L. Pauling, G. Wulf y otros investigadores realizan, gracias a los Rayos X, la determinación de 15000 estructuras. En este momento, la Cristalografía se convierte en uno de los instrumentos fundamentales

de la Química y de la Física ya que permite la elucidación de numerosas estructuras, no sólo minerales o inorgánicas, sino también, de naturaleza orgánica.

En el transcurso del siglo XX, se descubren nuevos minerales y elementos químicos. Estos hallazgos vienen dados por el empleo de nuevas técnicas y por la explotación de nuevos recursos.

Durante el siglo XX, se desarrollan nuevas clasificaciones de minerales, ahora ya basadas en criterios mixtos. Se abandona el criterio químico como forma de clasificación y se conjuga tal criterio con los estructurales y con los geoquímicos. Aún así, en 1921, Groth y Mieleitner revisan las clasificaciones químicas de Berzelius y Dana. Pero el problema clasificatorio que plantean los silicatos (sobre todo a partir de la elucidación de muchas de sus estructuras entre 1920 y 1930), hace necesario recurrir a la estructura como segundo criterio clasificatorio.

Algunos autores llegan a dar demasiada importancia al criterio estructural hasta tal punto que se olvidan completamente del contenido químico de los minerales. Este es el caso de Ewald, quien, en 1931, propone una clasificación estructural en la que minerales tales como la galena y la halita aparecen en un mismo grupo. Esta clasificación es inmediatamente descartada. En 1926, P. Niggli había publicado también una clasificación estructural.

También hay autores que se basan únicamente en criterios genéticos, como Machatschki. Pero estas clasificaciones se abandonan cuando se observa que hay minerales (cuarzo, calcita, etc.) que pueden formarse en diversos ambientes.

Convencidos ya todos los autores de que es necesaria una clasificación mixta, se empiezan a confeccionar éstas. Las más conocidas son las de Kostov (1957) y Strunz (1941-1970).

La clasificación de Kostov considera criterios químicos, estructurales y geoquímicos. Dado que la mayoría de los minerales son de naturaleza iónica, utiliza los aniones para establecer las clases y los cationes para subdividir las mismas. En los silicatos debe usar criterios estructurales, sirviendo éstos para la creación de las subclases y los criterios geoquímicos para el establecimiento de grupos. De esta forma Kostov crea una clasificación basándose

en los elementos más abundantes en el mundo mineral y en la que aparecen las siguientes clases:

- I ELEMENTOS
- II SULFUROS Y SULFOSALES
- III HALUROS
- IV OXIDOS E HIDROXIDOS
- V SILICATOS:
 - NESOSILICATOS
 - INOSILICATOS
 - FILOSILICATOS
 - TECTOSILICATOS
- V IBORATOS
- VII FOSFATOS, ARSENIATOS Y VANADATOS
- VIII WOLFRAMATOS
- IX SULFATOS, SELENIATOS Y TELURATOS
- X CROMATOS
- XI CARBONATOS
- XII NITRATOS Y IODATOS

Hugo Strunz publicó entre 1941 y 1970 cinco ediciones de la "*Mineralogische Tabellen*" (Leipzig, 1941, 1949, 1957, 1966 y 1970). Esta clasificación fue la base de las empleadas en la actualidad, aunque presentaba problemas con minerales tales como los boratos que

aparecían en el mismo grupo que los carbonatos y los nitratos, siendo su estructura polimérica, al contrario que la de aquellos. Pero estos problemas serán subsanados posteriormente. La clasificación de Strunz clásica, por lo tanto, divide a los minerales en 8 clases en función de su composición química:

- I ELEMENTOS NATIVOS
- II SULFUROS, ARSENIUROS, SULFOSALES Y COMPUESTOS SIMILARES
- III OXIDOS E HIDROXIDOS
- IV HALOGENUROS
- V CARBONATOS, NITRATOS Y BORATOS
- VI SULFATOS, CROMATOS, WOLFRAMATOS Y MOLIBDATOS
- VII FOSFATOS, ARSENIATOS Y VANADATOS
- VIII SILICATOS

Dadas las grandes diferencias existentes entre las estructuras de los silicatos, estos quedan divididos en 6 SUBCLASES:

- 1 - Nesosilicatos
- 2 - Sorosilicatos
- 3 - Ciclosilicatos
- 4 - Inosilicatos
- 5 - Filosilicatos
- 6 - Tectosilicatos

El resto de las clases se divide en TIPOS ESTRUCTURALES en base a la estequiometría existente en la fórmula estructural. Dentro de cada Subclase y cada Tipo Estructural se establecen los Grupos y Series.

Se denomina GRUPO a un conjunto de minerales que, presentando el mismo Tipo Estructural, poseen, además, semejanzas geoquímicas. Mientras que se denomina SERIE a un conjunto de minerales que, siendo isoestructurales, muestran cambios graduales de sus propiedades en función de la variación, también gradual, de la composición. En ocasiones, dentro de un mismo grupo, pueden existir distintas series aunque lo más normal es que ambos términos se encuentren al mismo nivel de clasificación.

A continuación se llega al término ESPECIE que es lo más semejante a lo que normalmente se entiende por MINERAL. Se define Especie Mineral como una sustancia homogénea de origen natural e inorgánico, con una composición química definida (dentro de ciertos límites), con propiedades físicas y estructura características.

Se utiliza el concepto de VARIEDAD para referirse a los diferentes aspectos que puede presentar una Especie Mineral en función del color, del hábito o de alguna otra propiedad, siendo las causas fundamentales de tales diferencias las variaciones en la composición química o los defectos en la estructura cristalina.

Los problemas de clasificación ocasionados por los minerales amorfos se resuelven eludiendo los criterios estructurales y acudiendo exclusivamente a su composición química.

Son numerosas las sustancias cuya estructura varía por factores externos, tales como la temperatura o la presión. En este caso, la clasificación se realiza en base a la fase estable en condiciones normales. También existen fases metaestables, es decir, que se encuentran en la naturaleza pero que termodinámicamente no son estables. La razón está en la lenta velocidad de transformación a una fase estable o en la existencia de barreras cinéticas que deben ser superadas (diamante-grafito, aragonito-calcita).

Otro problema histórico lo constituyen las sustancias minerales no sólidas (mercurio, agua, etc.). Hoy en día no se requiere que una sustancia sea sólida para considerarla mineral. Los

minerales líquidos, se incluyen también en las clases y grupos con mayor similitud química. Por ejemplo, el mercurio es un elemento y el agua es un óxido.

Durante el año 2001 se publica la 9ª edición de "Strunz Mineralogical Tables" (Hugo Strunz, Ernest Nickel), en versión inglesa y que había sido presentada en la Reunión de Pisa de 1994.

Gracias a los avances científicos y tecnológicos, cada año se incorporan entre 60 y 80 nuevas especies minerales a una lista que posee actualmente 4814, según los criterios de la Comisión de Nuevos Minerales Nomenclatura y Clasificación de la I.M.A. (International Mineralogical Association). Por ello ya era necesario el establecimiento de un tipo de clasificación mineral que tuviera en cuenta los criterios más adecuados y permitiera la inserción de todas las nuevas especies sin tener que cambiar los aspectos básicos.

El uso de códigos alfanuméricos elimina definitivamente los caracteres romanos y permite una sistemática más abierta y con más posibilidades en las subdivisiones.

Las 10 clases minerales son, actualmente:

- 1.- ELEMENTOS
- 2.- SULFUROS Y SULFOSALES
- 3.- HALUROS
- 4.- OXIDOS (se incluyen hidróxidos, arsenitos, antimonitos, bismutitos, sulfitos, selenitos, iodatos y ciertos vanadatos)
- 5.- CARBONATOS Y NITRATOS
- 6.- BORATOS
- 7.- SULFATOS, SELENIATOS, TELURATOS, CROMATOS, MOLIBDATOS Y WOLFRAMATOS
- 8.- FOSFATOS, ARSENIATOS Y VANADATOS

9.- SILICATOS Y GERMANATOS

10.- MINERALES ORGANICOS DIVERSOS (incluye hidrocarburos, oxalatos, acetatos, cianatos, derivados del benceno, etc.).

La ESPECIE MINERAL constituye la unidad básica de la clasificación. Su definición es:

Un MINERAL es un ELEMENTO o un COMPUESTO QUIMICO que normalmente es CRISTALINO y que se ha formado como consecuencia de PROCESOS GEOLOGICOS.

UNAS NOTAS SOBRE LA SITUACION ACTUAL DE LA MINERALOGIA

La Mineralogía, junto con la Cristalografía, constituye actualmente un área de conocimiento básico para la Química y la Geología. La conexión entre la Mineralogía y estas dos ramas del saber científico es bastante clara. Por un lado, dada la procedencia de los minerales, es importante la conexión con la Geología, fundamentalmente a través de la Geoquímica (estudio de los elementos químicos en la Tierra), de la Petrología (estudio de las rocas o asociaciones de minerales) y del estudio de los yacimientos o depósitos de minerales.

El estudio de los minerales como sustancias químicas que son, constituye uno de los objetivos de la Química. El desarrollo de la Química Analítica se inicia cuando se ponen a punto métodos de análisis de minerales y de otras sustancias inorgánicas relacionadas con ellos (menas, metales, aleaciones, cerámicas, etc.). Posteriormente la Química Analítica abarcaría también el estudio de materiales orgánicos y biológicos. La Química Inorgánica, se ha encargado de la caracterización y de la síntesis de sustancias minerales y de sus derivados, así como del desarrollo de técnicas de beneficio de minerales. Hoy en día hay lugares en que la Química Inorgánica se denomina Química Mineral, lo cual da una idea de esta importante relación. En realidad, los minerales deben considerarse como compuestos inorgánicos sintetizados por la Naturaleza, muchas veces con un elevado contenido de impurezas. Realmente muchos minerales aún no se han conseguido preparar en el laboratorio.

La relación entre la Mineralogía y la Cristalografía es histórica, puesto que los primeros cristales que se observaron eran minerales. Posteriormente el desarrollo de la Cristalografía se ha basado en el estudio de sustancias inorgánicas, en general. El estudio de cristales orgánicos se empezó a realizar más recientemente y en la actualidad, el tratamiento es igual, tanto para materiales orgánicos, como para materiales inorgánicos, ya que las tendencias han ido desde una Cristalografía Morfológica a una Cristalografía Estructural. Cada vez más la Cristalografía se apoya en la resolución de estructuras mediante métodos físico-químicos. Por ello, la Cristalografía constituye una disciplina interesante para todo científico que se dedique a la caracterización y a la síntesis de materiales.

La determinación de las propiedades físicas de las sustancias, incluidos los minerales (Cristalofísica), mejora su caracterización y el estudio de las aplicaciones. Las disciplinas técnicas (Ingeniería, Arquitectura,...) necesitan unos ciertos conocimientos mineralógicos, en relación con los materiales que se emplean para la construcción de todo tipo de edificios y obras públicas en general.

Recientemente la Mineralogía viene llamando la atención de los arqueólogos, pues supone un medio de estudio de una gran variedad de materiales arqueológicos.

Por lo que respecta a los campos de actividad de la Mineralogía, se pueden resumir en los puntos siguientes:

MINERALOGIA DE CAMPO: Se encarga de la búsqueda y de las primeras caracterizaciones de minerales encontrados en la Naturaleza.

MINERALOGIA DETERMINATIVA: Caracterización, mediante técnicas más o menos sofisticadas, de las especies minerales. En la determinación de minerales deben considerarse aspectos cualitativos y cuantitativos y la metodología se basa en la Química Analítica.

FISICA Y QUIMICA MINERAL: Se ponen de manifiesto y se profundiza en las características físicas y químicas de los minerales, incluyendo su estructura y las propiedades que de ella derivan.

MINERALOGIA DESCRIPTIVA: Estudio sistemático de las especies minerales. Es de gran importancia a la hora de establecer clasificaciones minerales. Para ello deben considerarse todos los aspectos contemplados en los demás campos de actividad. La Mineralogía Descriptiva constituye el escaparate más visible de esta disciplina científica.

MINERALOGENESIS Y SINTESIS MINERAL: Obtención en el laboratorio de materiales de naturaleza mineral con fines diversos: Aplicaciones industriales, estudio de yacimientos, apoyo a otras áreas de actividad,...

MINERALOTECNIA: Estudio de beneficio de yacimientos. Relacionada con la Metalurgia y la Ingeniería.

GEOQUIMICA: Ayuda a comprender la distribución de elementos y minerales, así como la evolución de los diferentes procesos que ocurren en el mundo mineral u otros relacionados.

GEOTERMOMETRIA: Estudia los diagramas de equilibrio, las transiciones de fase y la cinética de las reacciones que ocurren en el entorno de los minerales.

ESTUDIO DE PROCESOS SEDIMENTARIOS: Estudios de erosión, transporte, depósitos sedimentarios y de sus incidencias climáticas y ecológicas.

YACIMIENTOS: Se estudia la distribución de los yacimientos de todo tipo y su caracterización, ya sea para fines industriales o para fines puramente científicos.

El conjunto de áreas de actividad de la Mineralogía no está cerrado y continuamente se abren nuevas posibilidades. Ello viene marcado, entre otras cosas, por el acceso a nuevas tecnologías.

Por otro lado, la Mineralogía, junto con la Botánica y la Zoología sigue siendo una de las tres ventanas principales para la observación de la Naturaleza. A este respecto, deben tenerse en cuenta los Museos de Ciencias Naturales y otros tipos de actividades que muestren los Tres Reinos de la Naturaleza.

MINERALES TRATADOS EN LA UNIDAD DIDÁCTICA

- ELEMENTOS:

Grafito

Fórmula química: C

Clase: elementos

Propiedades físicas:

- Color, gris-negro, negro.
- Raya, gris metálica oscura.
- Brillo, mate, metálico
- Dureza, 1 a 1,5
- Exfoliación perfecta.



Forma de presentarse: tablillas hexagonales.

Empleo: en metalurgia, electrotecnia, en fabricación de lápices, como lubricante, etc.

Diamante

Fórmula química: C

Clase: elementos

Propiedades físicas:

- Color, normalmente incoloro
- Raya, blanca.
- Brillo, adamantino
- Dureza, 10
- Exfoliación perfecta.



Forma de presentarse: octaedros, dodecaedro, hexaedros.

Empleo: en instrumentos de corte, pulido y perforación, piedra preciosa.

- ÓXIDOS:

- Cuarzo

Fórmula química: SiO_2

Clase: óxidos

Propiedades físicas:



- Color, atendiendo a la diferencia de color se dan las siguientes variedades del cuarzo: amatista, cuarzo rosa, ágata, sílex, etc.

- Amatista, violeta.



- Cuarzo rosa, rosado.



- Ágata, con bandas paralelas a los bordes de colores vistosos.



- Sílex, opaco de colores claros y oscuros.



- Raya, incolora.
- Brillo, vítreo o mate
- Dureza, 7
- Fractura, concoidea, astillosa.

Forma de presentarse: en cristales hexagonales coronados por una pirámide trigonal, en agrupaciones formando drusas o geodas o en grupos irregulares o compactos.

Empleo: óptica, para la industria de la construcción, etc. Sus variedades coloreadas como adornos.

Goethita (limonita)

Fórmula química: α -FeO(OH)

Clase: óxidos

Propiedades físicas:

- Color, amarillento.
- Raya, amarillo parduzco a amarillo a anaranjado.
- Brillo, mate, sedoso, terroso.
- Dureza, 5 a 5,5
- Fractura, concoidea, fibrosa.



Forma de presentarse: agregados criptocristalinos, fibrosos, terrosos y masivos.

Empleo: mena de hierro.

Hematites

Fórmula química: Fe₂O₃

Clase: óxidos

Propiedades físicas:

- Color, pardo-rojo, gris-negro, negro.
- Raya, rojo cereza
- Brillo, mate, metálico
- Dureza, 6,5
- Fractura, concoidea



Forma de presentarse: cristales, agregados en rosetas, en escamas, granulares, masivos, nodulosos y radiales.

Empleo: mena de hierro, colorante, adorno.

Magnetita

Fórmula química: $\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$

Clase: óxidos

Propiedades físicas:

- Color, negro
- Raya, negra
- Brillo, mate, metálico, graso
- Dureza, 5,5
- Fractura concoidea
- Fuertemente magnético.



Forma de presentarse: cristales, agregados masivos y granulares.

Empleo: mena de hierro

Casiterita

Fórmula química: SnO_2

Clase: óxidos

Propiedades físicas:



- Color, pardo, negro, amarillo y gris.
- Raya, blanca, amarilla y parda blanca
- Brillo, metálico, adamantino
- Dureza, 7
- Fractura concoidea

Forma de presentarse: cristales, agregados granulares.

Empleo: mena de estaño.

- **CARBONATOS Y NITRATOS:**

Azurita

Fórmula química: $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Clase: carbonatos

Propiedades físicas:

- Color, azul marino intenso.
- Raya, azul clara.
- Brillo, vítreo.
- Dureza, 3,5 a 4
- Fractura, concoidea desigual.



Forma de presentarse: en tablillas, prismas, etc.

Empleo: mena de cobre, pigmento y piedra preciosa.

Malaquita

Fórmula química: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$

Clase: carbonatos

Propiedades físicas:

- Color, verde azulado
- Raya, verde azulado claro



- Brillo, vítreo.
- Dureza, 4
- Exfoliación perfecta.

Forma de presentarse: forma de los cristales tabulares, etc.

Empleo: mena de cobre y piedra preciosa

- **SULFUROS Y SULFOSALES:**

Galena

Fórmula química: PbS

Clase: sulfuro

Propiedades físicas:

- Color, gris claro u oscuro con tonos azulados
- Raya, gris oscura con un reflejo azulado.
- Brillo, metálico
- Dureza, superior a 2,5
- Exfoliación perfecta (100)



Forma de presentarse: cristales, agregados granulares.

Empleo: fuente de plomo e importante mena de plata.

Pirita

Fórmula química: FeS₂

Clase: sulfuro

Propiedades físicas:

- Color, amarillo latón.
- Raya, verde negruzca.
- Brillo, metálico
- Dureza, superior a 6 a 6,5



- Fractura concoidea, desigual.

Forma de presentarse: cristales, agregados granulares y masivos, impregnaciones.

Empleo: fabricación de ácido sulfúrico.

- **SILICATOS Y GERMANATOS:**

- Talco

Fórmula química: $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

Clase: silicatos

Subclase: filosilicato

Propiedades físicas:

- Color, verde, blanco, pardusco y amarillento.
- Raya, blanca
- Brillo, perlado a graso
- Dureza, 1
- Exfoliación perfecta (001)



Forma de presentarse: cristales tabulares, masas compactas.

Empleo: lubricantes, papelería, cerámica, cosmética, etc.

- Biotita

Fórmula química: $K(Mg,Fe^{2+})_3(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$

Clase: silicatos

Subclase: filosilicato

Propiedades físicas:

- Color, pardo oscuro, pardo verde, negro
- Raya, blanca, gris
- Brillo, nacarado



- Dureza, 2,5 a 3
- Exfoliación perfecta (001)

Forma de presentarse: agregados escamosos, masivos, granulosos.

Empleo: material aislante, etc.

- **SULFATOS, SELENIATOS, TELURATOS, CROMATOS, MOLIBDATOS Y WOLFRAMATOS.**

Yeso

Fórmula química: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Clase: sulfato

Propiedades físicas:

- Color, incoloro, con impurezas puede ser amarillo, blanco, pardo, etc.
- Raya, blanca
- Brillo, vítreo
- Dureza, 1,5 a 2
- Exfoliación perfecta (010)

Forma de presentarse: cristales en placas, agregados fibrosos, rosetas.

Empleo: en construcción, joyería.

- **HALUROS**

Halita

Fórmula química: NaCl

Clase: haluro

Propiedades físicas:

- Color, blanco.
- Raya, blanca
- Brillo, vítreo o graso
- Dureza, 2



- Exfoliación perfecta

Forma de presentarse: cristales, agregados granulares o fibrosos, costras y estalactitas.

Empleo: alimentación e industria química.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES TRATADAS EN LA UNIDAD **DIDÁCTICA**

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS:

- HÁBITO

Aspecto macroscópico que presentan los minerales. El hábito se encuentra condicionado por factores externos al mineral, como por ejemplo, las condiciones ambientales que había mientras se formó.

- BRILLO

Es el aspecto o la calidad de la luz reflejada de la superficie de un mineral. Los minerales que tienen el aspecto de metales, con independencia del color, se dice que tienen un brillo metálico. Los minerales con brillo no metálico se describen mediante diversos adjetivos, entre ellos vítreo, perlado, sedoso, resinoso, nacarado y terroso.

- COLOR

Aunque el color es una característica obvia de un mineral, a menudo es una propiedad poco fiable. Ligeras impurezas en un mineral le proporcionan diversidad de colores.

- RAYA

Es el color de un mineral en polvo, aunque el color de un mineral varía de una muestra a otra el color de la raya no suele cambiar.

- DUREZA

Es una medida de la resistencia de un mineral a la abrasión o al rayado. Esta propiedad se determina frotando un mineral de dureza desconocida contra uno de dureza conocida, o viceversa. Puede obtenerse un valor numérico utilizando la escala de Mohs.

- EXFOLIACIÓN

En la estructura cristalina de un mineral, algunos enlaces son más débiles que otros. Estos enlaces se sitúan en los puntos en los cuales un mineral se romperá cuando se somete a tensión. La exfoliación es la tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos de enlaces débiles.

- FRACTURA

Los minerales que no exhiben exfoliación cuando se rompen, como el cuarzo, se dice que tienen fractura. Los que se rompen en superficies lisas que recuerdan a vidrios rotos tienen una fractura concoide, otros se rompen en astillas, pero la mayoría de minerales de forma irregular.

- TENACIDAD

La resistencia que opone un mineral a ser roto, molido, doblado o desgarrado. Las diversas clases de tenacidad son:

- Frágil, un mineral que fácilmente se rompe o reduce a polvo.
- Maleable, un mineral que puede ser conformado en hojas delgadas por percusión.
- Séctil, un mineral que puede cortarse en virutas delgadas con un cuchillo.
- Dúctil, un mineral al que se puede estirar en forma de hilo.
- Flexible, un mineral que puede ser doblado, pero que no recupera su forma original una vez que termine la presión que lo deforma.
- Elástico, un mineral que recobra su forma primitiva al cesar la fuerza que lo ha deformado.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

La conducción de la electricidad en los cristales está relacionada con el tipo de enlace. Los minerales con enlaces metálicos, tales como los metales nativos, son conductores eléctricos excelentes, mientras que aquellos en los que el enlace es parcialmente metálico, como sucede en algunos minerales sulfuros, son semiconductores. Los minerales iónicos o de enlace covalente son usualmente no conductores. Para los

minerales no cúbicos, la conductividad eléctrica es una propiedad vectorial que varía con la orientación cristalográfica, como ocurre en el grafito.

PROPIEDADES MAGNÉTICAS

Es un fenómeno físico por el que los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. Existen sólo unos pocos minerales que se comportan como imanes, como es el caso de la magnetita.

7.- ANEXOS

ANEXO I. La aparición de la metalurgia y la minería

ANEXO I. Actividad número 5.

La aparición de la metalurgia y la minería

Los seres humanos empezaron a utilizar primero los metales que aparecían en estado natural o puro: el oro, la plata y el cobre.

El **oro** sería de los primeros metales conocidos por el hombre, bien a través de las pepitas que encontraba entre las arenas de los ríos, donde aparece en estado natural. Pero tanto el oro y la plata tenían un grave inconveniente: su escasez y su irregular reparto sobre la tierra. Por ello, estos dos metales no iban a modificar las formas de vida de las sociedades humanas.

El cobre

El cobre es muy maleable y con él se fabricaron las primeras armas metálicas. El cobre es relativamente fácil de trabajar a golpe de martillo, bastaba con golpear con un martillo de piedra el cobre en estado puro. Posteriormente, el martilleado se empezó a hacer en caliente, con el fin de evitar las fracturas y la pérdida del metal.

En general los objetos que se trabajaron con cobre no fueron útiles para el trabajo debido a su fragilidad, pero fue usado para piezas ornamentales por su brillo.

Más tarde se descubrió accidentalmente que por medio del calor el cobre podía pasar del estado sólido al líquido y gracias al control del fuego en el horno fue posible dominarlo. Posteriormente se vio que se podían fundir cobre y otros metales y apareció el bronce.

El bronce

El bronce es una mezcla o **aleación** de cobre y estaño; esta combinación produce un nuevo metal, mucho más duro que los dos componentes, y más fácil de fundir y de trabajar que el cobre. Pero no sustituyeron a los hechos con sílex, pues la piedra seguía siendo más dura.

Con el progreso de la metalurgia apareció el clavo y la rueda, que fueron grandes inventos.

El hierro

El hierro se empleó para fabricar **todo tipo de herramientas** para el campo y para mejorar el trabajo y las condiciones de vida de los pueblos. El hierro es más resistente que el sílex.

El hierro contaba con dos **ventajas** respecto al bronce. La primera es la abundancia de este metal. En cambio, el bronce exigía la búsqueda, de sus dos componentes: cobre y estaño. En segundo lugar, las armas de hierro son más duras, y aunque debido a su flexibilidad se pueden deformar, es posible arreglarlas. En cambio, las armas de bronce eran frágiles y se rompían con frecuencia en el choque.

ANEXO II. El coltán un “mineral” estratégico

ANEXO II. Actividad número 16.

miércoles, 26 de septiembre de 2007

<http://elpais.com>

El coltán, un 'mineral' estratégico



Resulta curioso lo que está ocurriendo con un *mineral* denominado coltán, del que se extraen niobio y tántalo, y que en los últimos 10 años ha sido blanco estratégico de las compañías de exploración minera, tema de controversia social y medioambiental e incluso objeto de debate en las propias Naciones Unidas.

El coltán no es realmente ningún mineral establecido. Es un término que no se utiliza en el lenguaje científico y que responde a la contracción de dos minerales bien conocidos: la columbita, óxido de niobio con hierro y manganeso (Fe, Mn), Nb_2O_6 y la tantalita, óxido de tántalo con hierro y manganeso (Fe, Mn), Ta_2O_6 . Estos óxidos constituyen una solución sólida completa entre ambos minerales; son escasos en la naturaleza y un claro ejemplo de cómo el avance tecnológico contribuye a que materiales considerados simples curiosidades mineralógicas sean cruciales debido a sus nuevas aplicaciones.

El coltán es fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías: telefonía móvil, fabricación de ordenadores, videojuegos, armas inteligentes, medicina (implantes), industria aeroespacial, levitación magnética, etcétera. Esto es debido a sus singulares propiedades, tales como superconductividad, carácter ultrarrefractario (minerales capaces de soportar temperaturas muy elevadas), ser un capacitor (almacena carga eléctrica temporal y la libera cuando se necesita), alta resistencia a la corrosión y a la alteración en general, que incluso le hacen idóneo como material privilegiado para su uso extraterrestre en la Estación Espacial Internacional y en futuras plataformas y bases espaciales.

Los yacimientos más importantes de origen primario están asociados a granitos alcalinos y rocas relacionadas, como pegmatitas, asociado con cuarzo, feldespatos, micas, turmalina, microclima, monazita, casiterita, berilo, espodumena y wolframita, entre otros. Sin embargo, destacan también los depósitos de alteración y aluviales, como los de tipo placer, originados por la erosión, transporte y concentración de los primarios, por ser más fácilmente recuperables con técnicas de extracción menos costosas.

Los principales productores mundiales son Australia, Brasil, Canadá y algunos países africanos (República Popular del Congo, Ruanda y Etiopía). El valor del niobio consumido en 2006 fue de 118 millones de dólares americanos, y el de tántalo de 164 millones. España es deficitaria en niobio y tántalo, aunque es cierto que no existen estudios detallados de esta materia prima y los trabajos de exploración minera realizados hasta el momento son escasos y poco conocidos. Curiosamente sí es posible encontrar vendedores de coltán en nuestro país.

Su explotación en África ha estado, y está, ligada a conflictos bélicos para conseguir el control de este material, condiciones de explotación en régimen de semiesclavitud, desastres medioambientales con gravísimas repercusiones en la fauna local de especies protegidas (gorilas, elefantes), e incluso graves problemas de salud asociados con los arcaicos e infrahumanos métodos de explotación.

Muy recientemente se ha puesto de manifiesto un problema adicional, que podría tener consecuencias graves, relacionado con la explotación artesanal del coltán en la República Popular del Congo y que está directamente relacionado con las paragénesis minerales típicas de estos yacimientos. Elementos como el uranio, el torio y el radio, entre otros, pueden aparecer formando fases minerales exóticas, asociadas al coltán, o estar incluso presentes en la propia estructura cristalina de la columbita y tantalita. En el último número de 2007 de la revista *Journal of Radiological Protection*, científicos del Departamento de Física y del Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad de Nairobi han evidenciado altas dosis de radiación en los trabajadores congoleños que se dedican de forma artesanal a la extracción de coltán. Aunque ha salido a la luz el problema socioeconómico, medioambiental y político relacionado con la mala explotación y comercialización de esta materia prima, la crisis ligada a su extracción todavía continúa, y los estudios científicos sobre el coltán son aún insuficientes. Una clara prueba de ello se evidencia al realizar una búsqueda en la base de datos científica, *SCI/web of science*, comparando el número de artículos científicos relativos a los términos columbita, tantalita y coltán. Los resultados obtenidos revelan que, mientras que existen 183 referencias sobre tantalita y 474 sobre columbita, solamente hay un único artículo científico referido al coltán realizado en 2002. Este dato es especialmente relevante si se considera que estudios mineralógicos y geoquímicos detallados sobre muestras de coltán de distintas áreas permitirían servir de herramienta para identificar los afloramientos geológicos de procedencia y ayudar así a controlar su tráfico ilegal.

Rosario Lunar es catedrática de Yacimientos Minerales de la UCM. **Jesús Martínez Frías** es investigador Científico del CSIC.

PREGUNTAS SOBRE EL TEXTO:

- 1.- ¿Qué dos minerales componen el Coltán?
- 2.- ¿Qué elemento principal se saca de la columbita? ¿Y de la tantalita?
- 3.- ¿Qué propiedades físicas presentan estos minerales: columbita y tantalita?

4.- ¿Por qué son tan preciados?

5.- Antes de leer este texto ¿conocías la existencia del coltán? Si es que sí, ¿Dónde habías oído hablar de él?

6.- ¿De qué modo ha cambiado el texto tu visión de los móviles?

8.- BIBLIOGRAFÍA

- I. Ortiz. ATLAS ILUSTRADO DE LOS MINERALES. Ed Susaeta
- C. Moral Santaella, M.P. Pérez García. (2009). DIDÁCTICA TEORÍA Y PRÁCTICA DE LA ENSEÑANZA. Ed. Pirámide.
- E.J. Tarbuck, F.K. Lutgens (2004). CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA. 563 pp. Ed. Pearson Prentice Hall.
- del Valle, M.P. Niño. (1993). NOTAS SOBRE LA HISTORIA DE LA MINERALOGIA Y LA QUIMICA MINERAL. 35 pp. UVA. Valladolid
- del Valle, V. González. (1998). MINERALES DE CASTILLA Y LEON. 2ª Edición (1998): 224 pp. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Valladolid.

Páginas web:

- Asociación Mineralógica Internacional (<http://www.ima-mineralogy.org>).
- Instituto Geológico y Minero de España (<http://www.igme.es>).
- Servidor Web de minerales (<http://greco.fmc.cie.uva.es/>).