



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**ENSEÑANZA DE LA CLASIFICACION PERIÓDICA DE LOS
ELEMENTOS QUÍMICOS MEDIANTE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA
QUE PARTE DEL ESTUDIO DE ALGUNOS MINERALES
COLOMBIANOS**

JOSE ARMANDO RODRIGUEZ GIL

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, D.C. Colombia

2012

**ENSEÑANZA DE LA CLASIFICACIÓN PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS
QUÍMICOS, MEDIANTE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA QUE PARTA DEL
ESTUDIO DE ALGUNOS MINERALES COLOMBIANOS**

JOSE ARMANDO RODRIGUEZ GIL

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:
GEÓLOGO MSc Juan Manuel Moreno Murillo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad Ciencias
Bogotá, D.C. Colombia
2012

A mis padres

Por su apoyarme siempre en mis estudios

A mi esposa

Por acompañarme en la realización de mis sueños

A mi hijo

Por quien emprendo estas empresas

Agradecimientos

A los profesores del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, por la orientación de la asignatura Ciencias de la Tierra y especialmente al Geólogo Juan Manuel Moreno Murillo, por su asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.

A mis compañeros de la maestría por formar un verdadero equipo de trabajo.

Resumen

El presente trabajo parte de una revisión los conceptos básicos en mineralogía a la luz del devenir histórico-epistemológico de esta importante parte de la Ciencia y se realiza además una revisión del estado del arte de su enseñanza en Colombia en los ciclos 4 y 5 de la Educación media. Se finaliza con una propuesta didáctica que introduce al estudiante en el estudio de la clasificación periódica de los elementos químicos, mediante la identificación y reconocimiento químico de algunos minerales de Colombia.

Palabras claves: Mineralogía, Historia, Enseñanza, Minerales, Identificación

Abstract

The present work departs from a review the basic concepts in mineralogy in the light of to develop historically - epistemological of this important part of the Science and there fulfils in addition a review of the condition of the art of his education in Colombia in the cycles 4 and 5 of the average Education. Finishing with a didactic offer that introduces the student in the study of the periodic classification of the chemical elements, by means of the identification and chemical recognition of some minerals of Colombia.

Keywords: Mineralogy, History, Teaching, Minerals, Identification.

VI Enseñanza de la clasificación periódica de los elementos químicos,
Mediante una propuesta didáctica que parta del estudio de algunos
Minerales Colombianos.

Enseñanza de la clasificación periódica de los elementos químicos mediante una
propuesta didáctica que parte del estudio de algunos minerales colombianos

Autor: José Armando Rodríguez Gil

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director: Geólogo MSc Juan Manuel Moreno Murillo

Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias

Palabras clave: Mineralogía, Historia, Enseñanza, Minerales, Identificación.

Resumen

El trabajo parte de una revisión los conceptos básicos en mineralogía y se realiza además una revisión del estado del arte de su enseñanza en Colombia en los ciclos 4 y 5 de la Educación media. Finaliza con una propuesta didáctica que introduce al estudiante en el estudio de la clasificación periódica de los elementos químicos, mediante la identificación y reconocimiento químico de algunos minerales de Colombia.

Abstract

The present work departs from a review the basic concepts in mineralogy, in addition a review of the condition of the art of his education in Colombia in the cycles 4 and 5 of the average Education. Finishing with a didactic offer that introduces the student in the study of the periodic classification of the chemical elements, by means of the identification and chemical recognition of some minerals of Colombia.

Descripción del problema estudiado y resultados más relevantes

En ningún curso de química se trabaja el origen de los elementos; a lo sumo se habla del desarrollo histórico de la tabla periódica. Tampoco se retoma el estudio de cosmología o la formación del universo o de la tierra, contenidos que de forma somera se presentan en quinto de primaria o los primeros cursos de bachillerato o de manera inconexa se estudian en los cursos de ciencias sociales.

En los cursos de química existe también la posibilidad de acercarse al estudio de la mineralogía y específicamente al de cristalografía, cuando se presentan las propiedades de los sólidos; pero también es un acercamiento somero, perdiéndose así la posibilidad de desarrollo de pensamiento y de interdisciplinariedad, específicamente con la geometría.

De otro lado, aunque muchos textos en el capítulo de los sólidos presentan elementos básicos de mineralogía, la premura del tiempo no posibilita el estudio de esta fascinante parte de las ciencias naturales entre ellas la geología o la mineralogía y mucho menos se identifican los recursos mineros del país, los que en la actualidad representan un importante renglón de nuestra economía y que hoy adquieren importancia con la presentación de un nuevo mapa minero, como parte de la prospección en este campo de la economía nacional.

El trabajo propuesto del estudio de los minerales en el ciclo 4° permite un acercamiento diferente desde una base empírica (sus usos), para que en el siguiente ciclo se construya el marco conceptual de la química (conceptos-categorías) sobre el estado sólido, estructuras cristalinas, familias cristalográficas, teoría de enlaces y clasificación periódica de los elementos.

De otro lado, este trabajo puede continuar con las gemas, para la elaboración de manualidades (collares, elementos decorativos) con un valor agregado al posibilitar en los estudiantes el desarrollo de sus funciones y operaciones mentales y las habilidades propias del trabajo manual (la motricidad fina, el control de la impulsividad, la creatividad, y la formación de la voluntad).

Por último, esta propuesta que puede encaminarse posteriormente a la formación para el trabajo; es una oportunidad para la integración de diferentes disciplinas, además de generar espacios para el dialogo de saberes con los padres de familia que acompañan este proceso de aprendizaje de sus hijos, abriendo la posibilidad de proyectarse a la comunidad mediante programas de extensión, que puedan llegar a consolidarse como microempresas familiares en diseño, elaboración y comercialización de elementos decorativos y bisutería y por qué no, de joyería.

Conclusiones del trabajo de grado

La revisión realizada a los conceptos básicos en mineralogía, constituye un gran aporte a mi formación como docente de química y por ende contribuirá a la formación en ciencias naturales de mis alumnos del I.E.D. Codema.

Los estándares curriculares propuestos por el Ministerio de Educación Nacional, no presentan en forma explícita, ni secuencial los contenidos pertinentes al estudio de la Geología y/o la Mineralogía, a pesar de ser uno de los renglones más importantes de la economía nacional, la presente propuesta contribuye a complementar dichos estándares curriculares y propiciar la interdisciplinariedad a través de los contenidos en ciencias de la tierra.

La propuesta de una maleta didáctica se constituye en una novedosa alternativa para abordar el estudio de la tabla periódica de los elementos químicos y otros contenidos propuestos para la enseñanza de la química en los ciclos 4 y 5 de la educación media, a través de la realización de pruebas sencillas de laboratorio, con aplicaciones prácticas utilizando nuestros recursos mineros.

La propuesta didáctica de la maleta y la cartilla de apoyo, que posibilita la integración de saberes entre la química y la mineralogía, fortaleciendo la enseñanza de las ciencias de la tierra.

Sugerencias

1. Se recomienda un cambio en los estándares curriculares en ciencias naturales para incentivar el estudio de la geología y la mineralogía de manera explícita desde los primeros ciclos de la educación básica.
2. Se recomienda la utilización de la maleta y la cartilla, para utilizarse en los colegios públicos y privados del país como aporte al estudio de los minerales de Colombia.

Agradecimientos

A los profesores del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, por la orientación de la asignatura Ciencias de la Tierra y especialmente al Geólogo Juan Manuel Moreno Murillo, por su asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.

Contenido

Resumen	VIII
Abstract	VIII
Introducción	16
Objetivos.	3
1. Revisión Histórico- Epistemológica de los conceptos en Mineralogía	4
1.1 El período Neolítico	5
1.2 La edad de los metales	6
1.3 El Medioevo	8
1.4 La Ilustración Renacentista	10
1.5 Bases de la Cristalografía Morfológica	13
1.6 Los Fundamentos Físicos de la Óptica Mineral	14
1.7 La Mineralogía en América Anglosajona durante el Siglo XIX	15
1.8 Los Rayos X y la Cristalografía Estructural avanzan en el Siglo XX	16
1.9 La Mineralogía y las nuevas Ciencias de la Tierra en el Siglo XX	17
1.10 La Mineralogía en la América Prehispánica	18
1.11 El desarrollo de la Ciencia en Colombia	19
2. Estado del arte de la enseñanza de la mineralogía en Colombia	24
3. Referentes pedagógicos	27
3.1 Aprendizaje Cooperativo	27
3.2 Enseñanza para la Comprensión	28
3.3 Modificabilidad Cognitiva	28
4. Propuesta didáctica	29
4.1 Objetivos:	29
4.2 Antecedentes	29

VI	Enseñanza de la clasificación periódica de los elementos químicos, Mediante una propuesta didáctica que parta del estudio de algunos Minerales Colombianos.	
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

5. Conclusiones y recomendaciones	32
5.1 Conclusiones	32
5.2 Recomendaciones	33
6. Bibliografía	34
A. Anexo: Cartilla para el reconocimiento químico de algunos minerales, maleta con minerales y kit de reactivos.	36

Lista de tablas

Tabla 1-1:	<i>Desarrollo de la mineralogía en el neolítico y neolítico tardío.</i>	<i>6</i>
Tabla 1-2:	<i>Desarrollo de la mineralogía en el medioevo.....</i>	<i>8</i>
Tabla 1-3:	<i>Desarrollo de la mineralogía en los siglos XV y XVI.....</i>	<i>9</i>
Tabla 1-4:	<i>Desarrollo de la mineralogía en el Renacimiento</i>	<i>11</i>
Tabla 1-5:	<i>Desarrollos en los fundamentos para la identificación de minerales.....</i>	<i>13</i>
Tabla 1-6:	<i>Desarrollos de la óptica aplicados a la mineralogía.....</i>	<i>14</i>
Tabla 1-7:	<i>Desarrollo de la mineralogía en Norteamérica.</i>	<i>15</i>
Tabla 1-8:	<i>Desarrollo de la cristalografía mediante la utilización de Rayos X.....</i>	<i>16</i>
Tabla 1-9:	<i>Desarrollo de la mineralogía en el siglo XX</i>	<i>17</i>
Tabla 2-1:	<i>Contenidos en ciencias naturales.....</i>	<i>24</i>
Tabla 2-2:	<i>Contenidos en ciencias sociales.....</i>	<i>25</i>

Introducción

En muchas instituciones educativas se orienta la enseñanza y aprendizaje de la química, a partir de los textos diseñados para tal fin así: si el colegio es distrital, a los estudiantes no se les puede pedir texto, tienen uno sugerido o utilizan cualquiera. Si el colegio es privado, tienen un texto universitario y tienen guías y /o talleres, pero en cualquiera de los casos anteriores, el curso de química siempre se inicia con una breve reseña histórica, ramas de la química, medidas y unidades, estructura de la materia, modelos atómicos y tabla periódica.

En ningún curso de química se trabaja el origen de los elementos; a lo sumo se habla del desarrollo histórico de la tabla periódica. Tampoco se retoma el estudio de cosmología o la formación del universo o de la tierra, contenidos que de forma somera se presentan en quinto de primaria o los primeros cursos de bachillerato o de manera inconexa se estudian en los cursos de ciencias sociales.

En los cursos de química existe también la posibilidad de acercarse al estudio de la mineralogía y específicamente al de cristalografía, cuando se presentan las propiedades de los sólidos; pero también es un acercamiento somero, perdiéndose así la posibilidad de desarrollo de pensamiento y de interdisciplinariedad, específicamente con la geometría.

De otro lado, aunque muchos textos en el capítulo de los sólidos presentan elementos básicos de mineralogía, la premura del tiempo no posibilita el estudio de esta fascinante parte de las ciencias naturales entre ellas la geología o la mineralogía y mucho menos se identifican los recursos mineros del país, los que en la actualidad representan un importante renglón de nuestra economía y que hoy adquieren importancia con la presentación de un nuevo mapa minero, como parte de la prospección en este campo de la economía nacional.

Antes de iniciar cualquier curso de química, como lo siguieren los diferentes textos, con un breve repaso histórico o con las unidades del sistema internacional de medidas o las propiedades de la materia, creemos que un buen acercamiento a esta ciencia se puede hacer desde el conocimiento de las rocas y los minerales, que componen la corteza terrestre, presentando las explicaciones propuestas sobre su formación en el mismo núcleo de las estrellas, antes que presentar los elementos químicos aparecidos por arte de magia en una tabla periódica fría, repleta de constantes; de la cual hay que aprender ciertos símbolos sin saber, dónde y cómo se encuentran en el planeta, para qué se utilizan o por qué se les colocó su nombre o cómo terminan constituyendo los seres vivos.

Este acercamiento que debe iniciarse desde los primeros ciclos de la educación media, permite acabar con el aprendizaje memorístico de los símbolos, que luego se vuelven fórmulas y después interactúan en reacciones de papel, sin relación con los fenómenos naturales, para terminar siendo una especie de álgebra de la química, alejada cada vez más de lo cotidiano: el fenómeno real o la aplicación industrial. El trabajo con los minerales de Colombia, posibilita su identificación, la determinación de su composición química (mediante pruebas sencillas), conocer su transformación, el sitio donde se encontró y posibilita además el reconocimiento del potencial minero del país, uno de los renglones más importantes de la economía.

El trabajo propuesto del estudio de los minerales en el ciclo 4° permite un acercamiento diferente desde una base empírica (sus usos), para que en el siguiente ciclo se construya el marco conceptual de la química (conceptos-categorías) sobre el estado sólido, estructuras cristalinas, familias cristalográficas, teoría de enlaces y clasificación periódica de los elementos.

De otro lado, este trabajo puede continuar con las gemas, para la elaboración de manualidades (collares, elementos decorativos) con un valor agregado al posibilitar en los estudiantes el desarrollo de sus funciones y operaciones mentales y las habilidades propias del trabajo manual (la motricidad fina, el control de la impulsividad, la creatividad, y la formación de la voluntad).

Por último, esta propuesta que puede encaminarse posteriormente a la formación para el trabajo; es una oportunidad para la integración de diferentes disciplinas, además de generar espacios para el dialogo de saberes con los padres de familia que acompañan este proceso de aprendizaje de sus hijos, abriendo la posibilidad de proyectarse a la comunidad mediante programas de extensión, que puedan llegar a consolidarse como microempresas familiares en diseño, elaboración y comercialización de elementos decorativos y bisutería y por qué no, de joyería.

Objetivos.

- Realizar una revisión conceptual de la mineralogía, como contribución a la formación disciplinar que posibilite cualificar el proceso de la enseñanza y aprendizaje de la química.
- Realizar una revisión histórico - epistemológica como parte del estado del arte de la enseñanza de la mineralogía en Colombia, en los ciclos 4 y 5 de la educación básica y media.
- Proponer la utilización de un material didáctico que contribuya a la enseñanza de las ciencias de la tierra, como parte del curso de química en los ciclos 4 y 5 de educación básica y media.

1. Revisión Histórico- Epistemológica de los conceptos en Mineralogía

Para plantear un desarrollo histórico-epistemológico de los conceptos pertinentes a la mineralogía se debe hacer desde una mirada englobando los siguientes aspectos: desarrollo del pensamiento, campo de la producción material humana (generación de capital) y la ideología dominante.

El primer aspecto se relaciona con el paso del *homo habilis*, al *homo faber* y al *homo sapiens*, con esa construcción y acumulación humana del conocimiento, a través del tiempo, pasando por el uso práctico de artefactos, máquinas y herramientas utilizadas para su supervivencia hasta llegar a constituirse en un ser capaz de elaborar hipótesis, verificarlas, modificarlas y llegar a construir modelaciones matemáticas del universo donde vive. En resumen todo aquello que nos presenta de manera excelente y bien contada el libro el Ascenso del hombre. (Bronowsky, 1979)

El siguiente aspecto lo constituye el campo relacionado con la producción de bienes materiales de la humanidad, supeditados a los intereses económicos y políticos de cada etapa del devenir histórico.

El último aspecto es el relacionado con las ideologías, las cuales han marcado el desarrollo del pensamiento humano y han llevado al hombre a grandes confrontaciones, estructurando las distintas escuelas o formas de pensamiento: liberal, anarquista, conservador, fascista, etc. y por tanto han determinado el curso de la producción científica y tecnológica del planeta, al marcar un derrotero particular en la construcción de los conceptos.

Este devenir histórico-epistemológico que estructuraron los conceptos que fundamentan la geología de hoy, nos llevará a registrar los aspectos más relevantes en la prehistoria, la Cultura Greco-romana, el Medioevo, el renacimiento y la modernidad, dedicándole una revisión al desarrollo de la geología y la mineralogía en la colonia y posteriormente en el periodo Republicano de Colombia.

Al hablar de los aspectos más relevantes, nos referimos a aquellos que contribuyeron al desarrollo significativo de la geología y en particular de la mineralogía y a los acontecimientos que realmente aportaron a la construcción de conceptos o a los cambios conceptuales o las rupturas o revoluciones científicas (Khun, 1971)

Para abordar el primer aspecto, el relacionado con desarrollo de pensamiento hasta el *homo sapiens*, se podría pensar que el hombre da sus primeros pasos solo, pensando en su supervivencia en el planeta y como vencer las adversidades de la naturaleza, por tanto este desarrollo lo considero instintivo, pasando a una lógica primitiva basada en el ensayo y el error y en la reproducibilidad de las experiencias favorables para la solución de sus problemas.

Iniciemos este recorrido por la historia, basándonos en el trabajo del profesor Ricardo Sureda de la Universidad de Nacional de Tucumán, Argentina (Sureda, 2008), haciendo énfasis en los aspectos más importantes, los cuales marcaron la fundamentación conceptual de esta parte de la Geología, la mineralogía.

1.1 El periodo Neolítico

El periodo neolítico que se inicia en el año 7000 a.c y concluye en el 4000 a.c marca un cambio trascendental, pues se pasa de la economía depredadora a una economía productiva, con cambios sociales de forma de vida y de mentalidad; la economía basada en la producción y el sedentarismo caracterizan este cambio sustancial.

El uso de minerales se hace primero como medio de supervivencia ya sea en la defensa o en la cacería, para preservar alimentos, como pesticidas, en la elaboración de abonos, en la decoración, en la cosmetología y se plantea un acercamiento al color, para poder utilizarlo en cambiar su apariencia personal, como parte de un rito o para dejar plasmada en una caverna un suceso cotidiano de caza o el ataque de un animal, o como registro histórico o simplemente por el placer o la necesidad comunicativa.

Tabla 1-1: Desarrollo de la mineralogía en el neolítico y neolítico tardío. [6,1].

Período	Características
Neolítico	Elaboración de armas (raspadores, puntas de flechas, cuchillos) en minerales como sílex (variedad de cuarzo), serpentina, basalto y obsidiana. Además elaboraron utensilios en cerámica como vasijas y ollas para preservar alimentos.
Neolítico tardío	Dedicación a la agricultura y la ganadería, elaboración de instrumentos agrícolas. Utilización de la cal (óxido de calcio) para cambiar la acidez de los suelos, aprenden a criar animales y no solo cazarlos. Utilización de la sal en la preservación de los alimentos. Utilización de minerales para atacar las especies que acaban con los cultivos (mineral oropimente; trisulfuro de arsénico y cobre presente en el sulfato de cobre) empezando así el uso de los primeros insecticidas y fungicidas del planeta. Utilización del estiércol y la sal nitrato de Chile como abonos. Utilización de pigmentos para la pintura, la decoración y la cosmética humana, sobre todo aquellos que se podían pulverizar fácilmente y que formaran suspensiones acuosas (Hematita: óxido férrico, Antimonita: Sb_2S_3 , Pirolusita: óxido de manganeso, Azurita: Carbonato básico de cobre, Malaquita: dihidróxido de carbonato cúprico, Cinabrio: sulfuro de mercurio, y Azufre). Se fabricaron piezas decorativas con incrustaciones de Lazurita (Alumino silicato de calcio y sodio), Ópalo (óxido de silicio), Calcedonias (óxido de silicio) sobre madera, metal, o hueso.

1.2 La edad de los metales

La edad de los metales se caracteriza porque se presenta la jerarquización social y aparece el comercio. Metales como el cobre, el oro y la plata llaman la atención al hombre por su brillo y aparente inalterabilidad; con ellos elaboraban adornos y luego utensilios caseros, ciertas piedras transparentes y de colores se fueron considerando como preciosas (diamantes, rubíes, berilos como las esmeraldas y aguamarinas), semipreciosas (granates, olivinos, topacios y cuarzos), es importante destacar que el uso ornamental de estos metales estaba unido al rito (el oro en los ritos de adoración a los dioses en la América hispánica, tenía un papel preponderante), manifestación humana unida a sus creencias y que aún se evidencia en los templos legados de la cultura Judeo-cristiana. Hoy los ornamentos de varias religiones incluyen insencierios con sahumeros, mesas, pilas, monumentos y pisos de mármol, oro en copones, sagrarios, custodias con piedras preciosas, pinturas y vitrales etc.

Cuando se logra separar los metales de sus minerales (al parecer las primeras extracciones fueron de los meteoritos, como se plantea en el libro Breve historia de la química. (Asimov,1965) pues no existía aún la explotación del hierro en minas, esta

técnica se realizaba en la tierra, abriendo un hueco, dejando un respiradero para que entrara el oxígeno, luego se colocaba el mineral de hierro con carbón, se encendía y se tapaba con tierra) nace la llamada Metalurgia y se puede pensar que este desarrollo técnico mejoraba la elaboración de lanzas y flechas (se empezaba a vislumbrar otra técnica la que se llamaría la forja), las que no perdían tan fácilmente su filo, por tanto se mejoraba la caza y la defensa de sus territorios. Por otro lado se desarrollaba esa gran etapa de la humanidad, la Alquimia, que daría lugar a la química de hoy, dejándonos como legado una serie de técnicas utilizadas en nuestros laboratorios, la producción de muchas sustancias orgánicas e inorgánicas y la aplicación de sustancias minerales en la salud humana entre otras cosas y que enmarcó en el misticismo un largo periodo de la historia, como es conocido en su búsqueda de la piedra filosofal y el elixir de la vida.

Después de la *Edad de Bronce* y en general *De los Metales* nos detenemos en las culturas Griega y Romana: En la primera, el pensamiento y las ideas del mundo, marca una notable diferencia y una ruptura histórica al dedicarse a explicar el porqué de las cosas; de los griegos heredamos la lógica, el nombre de las cosas, la política, la pedagogía etc. De la segunda cultura rescatamos el trabajo de recolección, descripción y clasificación de especies minerales.

El esbozo de una mineralogía aparece en la Grecia del siglo V, cuando *Herodoto* utiliza en la *Odisea* el vocablo *Krystallos* para aludir al hielo, casi un siglo después Platón le adjudica en el *Timeo* el doble significado de hielo y cristal de roca con el origen etimológico de Kriyos = frío y Halas= sal. Estas raíces se conservan actualmente en las palabras cristalografía y criogenia.

Aristóteles, padre de las ciencias naturales y el más destacado epígono de *Platón*, tuvo a su vez un discípulo llamado *Teofrasto* que es considerado precursor de la mineralogía, de la botánica y de la zoología. En un ensayo escrito en el 315 A.C. titulado, “*Sobre las piedras*”, *Teofrasto* describe cinabrio, crisocola, magnetita y yeso. Este griego se basa en el color y la densidad para realizar la descripción de dichos minerales.

Las referencias acerca del empleo de minerales en ungüentos y pócimas terapéuticas, atraviesan un arco histórico que parte también con el griego *Teofrasto*, pasa por los ilustrados romanos de la república y el imperio, más tarde por aquel alquimista al servicio del señor feudal, finalizando con los embriones de la industria farmacéutica Francesa.

En Roma, *Marcus Porcius Cato*, político y orador, impulsó la literatura latina frente al clasicismo griego. Sus obras, “*De agri cultura*”, junto a la recopilación “*Praecepta*”, influyeron en la célebre historia natural de *Plinio*. Tres siglos después, Gaius Plinius Secundus, más conocido como *Plinio El Viejo*, fue un romano que hacia el año 77 escribió una notable enciclopedia de ciencias naturales “*Naturae Historium Libri*”, en treinta y siete volúmenes. Los últimos cuatro tomos estaban dedicados a los minerales ágata, alabastro, berilo, calcita, casiterita, diamante, electro, galena, hematita, malaquita y oropimento.

Pedanius Dioscorides un farmacéutico y físico griego, vivió en el siglo I, atesorando fama de naturalista y buen observador. En el año 77 escribió “*De materia médica*”, en cinco tomos, con la descripción de 600 plantas y casi mil drogas de aplicación medicinal.

La mineralogía sistemática le acredita la descripción original de pirita, disulfuro de hierro cúbico paramórfico y melanterita, sulfato de hierro monoclinico heptahidratado.

1.3 El Medioevo

La decadencia de la civilización Grecorromana como lo indica Ricardo Sureda (2008) en la historia de la mineralogía “sumerge a Europa en la oscuridad del misticismo y la sinrazón por los siguientes quince siglos, lapso donde cobran singular fuerza las religiones semitas. Sus tres profetas o mesías sucesivos de credos monoteístas, exclusivos y excluyentes, marcaron con deplorable intolerancia el signo de los tiempos venideros, largo cono de sombras donde languideció el pensamiento científico y se perdió un valioso acervo de conocimientos”.

Rescatamos de esta etapa de la humanidad, que se caracterizó también por las cruzadas y mil años después de la obra de *Plinio*, aportes de los siguientes personajes registrados en la siguiente tabla:

Tabla 1-2: Desarrollo de la mineralogía en el Medioevo. [9,2].

Nombre	Fecha	Aportes a la mineralogía	Origen
Al-Biruni	973-1048	Escribió 2 libros sobre minerales y piedras preciosas. Determinó la densidad de 18 minerales utilizando la balanza hidrostática, con una precisión que se logró ochos siglos después.	Persa-Musulmán
Avicena	980-1037	Estableció el primer orden sistemático de los minerales, en cuatro grupos, con sus aplicaciones médicas. El mineral <i>avicenita</i> (óxido de Talio), fue nombrado en su memoria.	Árabe, radicado en Granada, España.
Al-Qazwini	S XIII	Realizó trabajos en física, mineralogía, geología y astronomía, autor de una cosmografía: “ <i>Maravillas de las cosas creadas y curiosidades de las cosas existentes</i> ”, donde incluía conocimientos mineralógicos árabes. Describió la amatista, la galena y la magnetita. Fue responsable de un movimiento técnico que culminaría cuatro siglos después al fundar su memorable <i>Academia de Minas</i> .	Persa

Albert Von Bollastatt (Albertus Magnus)	1207-1280	Alquimista, en su libro <i>De rebus metallic et mineralibus</i> , explicó el origen de los yacimientos, por destilación de los metales, en el interior ígneo del planeta y su condensación en vetas formadas por relleno de fracturas en la corteza. Tuvo el mérito de ligar textos griegos y árabes antiguos una experiencia empírica novedosa en el dogmático mundo medieval.	Lingino Europa central
--------------------------------------------	-----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------

Dos siglos más tarde aparecen algunos otros precursores de la ciencia mineralógica registrados a continuación:

Tabla 1-3: Desarrollo de la mineralogía siglos XV y XVI. [11,3].

Nombre	Aportes a la mineralogía	Fecha	Nacionalidad
Vannoccio Biringuccio	Autor de <i>Pirotechnia</i> , el mineral <i>Biringuccita</i> se describió y se nomino en su nombre.	1540	Italiana
Theophrast Bombast von Hohenheim (Paraselso)	Alquimista que utilizó los minerales en la práctica médica, separó y describió el zinc como metal	1500	Suiza
George Bauer (Agrícola)	Padre de la mineralogía del renacimiento. Investigó sobre las técnicas de la minería, describe las propiedades físicas de los minerales, reconoce el origen orgánico de los fósiles, descubridor del bórax y la fluorita entre otros, fue el primero en utilizar la palabra <i>fossilis</i> , para designar lo que se saca de la tierra.	1500	Alemana
Bernardo de Palissy	Aporta precisiones interesantes sobre el concepto MINERAL.	1580	Francesa

1.4 La Ilustración Renacentista

La centuria siguiente ofrece una gran diversidad en ciencias y artes mediante el apoyo de la Ilustración europea a favor del conocimiento. El auge del racionalismo va desplazando a la metafísica escolástica. En el siglo XVII se instalan las bases de la cristalografía, la química, la física y la mineralogía determinativa. Las Academias de Ciencias se crearon a partir de este siglo para estimular el inicio de los grandes descubrimientos científicos. La primera en 1603 fue la *Accademia azionale dei Lincei*, en Italia, casi medio siglo después le siguió en 1652 la *Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina*, en Alemania, en 1660 la *Royal Society of London*, en Inglaterra y en 1666 la *Académie des sciences de Paris*, en Francia. Las demás academias se fundaron en centurias posteriores (como fueron las de Suecia, Dinamarca, Noruega, Bélgica, Escocia e Irlanda) para nombrar sólo las organizadas en el siglo siguiente.

De los países bajos de Europa arribó, un notable impulso sobre la óptica y la cristalografía, en parte, por la disponibilidad de hermosos cristales del llamado espato de Islandia, una calcita incolora y transparente procedente de esa isla atlántica que, junto con Groenlandia, dependían en esta época de la corona de Dinamarca.

Otros aportes al desarrollo de la mineralogía son registrados en la siguiente tabla:

Tabla 1-4: Desarrollo de la mineralogía en el Renacimiento. [12,4].

Nombre	Aportes a la Mineralogía	País	Fecha
Erasmus Berthelensen	Describió la doble refracción de la calcita, de modo que influyó en la postulación de la teoría ondulatoria de la luz.	Dinamarca	1669
Chrstian Huygens	Describió la luz como onda, enfrentando la teoría de onda como partícula de Newton.	Holanda	1690
Niels Stensen (Nicolás Steno)	Geólogo, mineralista, sentó las bases de la geología con principio de superposición de estratos, con el cual se datan los cuerpos de la roca. Expuso la primera ley cristalográfica, relacionada con los ángulos interfaciales (ley de Steno-Miller), propuso así una definición suficientemente elaborada de lo que hoy es el concepto de mineral, proponiendo una explicación de la formación de un mineral en el seno de una disolución como consecuencia de lo que hoy entendemos como un precipitado.	Italia	1669
Domenico Guglielmini	Cristalógrafo, calculó los elementos de cristalización a partir de 4 formas poliédricas (el cubo de halita, el octaedro de alumbre, el prisma hexagonal de salitre y el prisma oblicuo del vitriolo).	Italia	1707
Maurice Antonius Cappeller	Editó una introducción a la cristalografía con dibujos acertados de cristales. Propuso que la forma supera al color para la identificación de minerales y acuñó el término cristalografía para esta disciplina.	Suiza	1723

Jean Baptiste Louis Rome de L'isle	Aplicó Steno a la medida de los ángulos para dibujos de su colección personal de minerales	Francia	1767
Axel Fredrik Cronstedt	Postuló una sistémica mineral con bases químicas, fue el primero en aislar e identificar el níquel, describió la bismutinita, cobalita y vivianita y acuñó el nombre de Zeolita para ese importante grupo mineral.	Suecia	1758
Abraham Gottlob Werner	Confrontó la teoría plutonista de Hutton, enseñó como ciencias diferentes la geología (geognosia) y la mineralogía (orictognosia del griego <i>oriktos</i> , fósil y <i>gnosis</i> conocimiento, equivalente al De <i>natura fossilium</i> de Agrícola. La sistémica de Werner se basó en el color, brillo, dureza, raya, densidad, cohesión, textura y agregación de minerales, excluyendo los aspectos teóricos y matemáticos, Werner describió varios minerales (Zircón, boracita, vivianita, etc.).	Alemania	1780
Martin Heinrich Klaproth	Mineralogista químico analista de minerales que descubrió el uranio, zirconio, titanio y telurio y varias especies de minerales.		1789 1815
Carl Friedrich Christian Mohs	Publicó una clasificación con criterio biológico y nomenclatura binaria, creó la exitosa tabla de dureza. Determinó varios minerales.	Alemania	1804
Johan August Breihaupt	Se le reconoció el concepto de paragénesis mineral y la descripción de 47 nuevas especies minerales. Propuso una nomenclatura mineral como la desarrollada por Lineo, dando nombre latino de <i>género</i> y <i>especie</i> a los minerales.	Alemania	1817 1870

Torbern Olaf Bergman	Elaboró una de las primeras clasificaciones de los minerales basadas en las formas cristalinas externas y la composición química.	Suecia	1775
René Just Hauy	Enunció la ley de la racionalidad de los índices (Hauy-weiss) Estudió los fenómenos de la piroelectricidad y piezoelectricidad en los cristales.	Francia	1819

1.5 Bases de la Cristalografía Morfológica

A continuación se resumen los trabajos realizados, en los fundamentos físicos y químicos para la identificación de los minerales.

Tabla 1-5: Desarrollos en los fundamentos para la identificación de minerales. [17,5].

Nombre	Aportes a la Mineralogía	País	Fecha
Baltasar George Sage	Consideró la composición química como la mejor propiedad para identificar los minerales	Francia	1800
Jons Jacobo Barn Berzelius	Padre de la sistémica mineral organizada con el criterio químico, la cual popularizó en Francia Hauy.	Francia	1814
William Nicol	Inventor del prisma de calcita, para proporcionar luz polarizada. Preparó las primeras secciones delgadas que permitían ver rocas, minerales y fósiles al microscopio simple.	Francia	1815-1828

1.6 Los Fundamentos Físicos de la Óptica Mineral

Los aportes de la física al conocimiento de la luz fueron esenciales entre los siglos XIX y XX para dirimir la vieja controversia entre ondas y partículas. La teoría del campo electromagnético de Maxwell fue ese jalón esencial que proporcionó a la mineralogía óptica un sólido fundamento teórico. Si bien el fantasma de Newton se asomó de nuevo con los fotones de Planck y la mecánica cuántica, la escala implícita de los fenómenos ópticos asociados al microscopio de polarización permitieron su explicación completa y detallada mediante las ecuaciones de Maxwell y la óptica geométrica de Fresnel.

Hacia la mitad del siglo XIX y con el microscopio de polarización como herramienta básica, se inició en la Geología un creciente movimiento mundial por la investigación de los minerales y las rocas mediante refracción de la luz plano-polarizada.

A continuación registramos los aportes de Pierre Antoine en 1813 y Henry Sorby en 1849 a la petrografía y mineralogía óptica.

Tabla 1-6: Desarrollos de la óptica aplicados a la mineralogía. [18,6].

Nombre	Aportes a la Mineralogía	País	Fecha
Pierre Louis Antoine	A veces llamado el padre Francés de la óptica mineral microscópica por describir propiedades al microscopio mucho antes de usar prismas polarizadores.	Francia	1813
Henry Clifton Sorby	Padre inglés de la petrografía microscópica, nueva ciencia del estudio de rocas y minerales en secciones delgadas para verlas al microscopio de luz polarizada.	Inglaterra	1849

1.7 La Mineralogía en América Anglosajona durante el Siglo XIX

A continuación resumimos los avances en mineralogía más importantes realizados en América, donde se destaca un autor que es referencia obligada para los geólogos del mundo, se trata del norteamericano James Dwight Dana.

Tabla 1-7: Desarrollo de la mineralogía en Norteamérica. [19,7].

Nombre	Aportes a la mineralogía	País	Fecha
James Dwight Dana	Geólogo, naturista y mineralogista. Publicó el manual de mineralogía y el sistema de mineralogía, obras fundacionales. En 1993 apareció la edición 21 del manual de mineralogía, y pocos años después, la 8 edición de la nueva mineralogía de Dana, considerada "la Biblia" por los mineralogistas de habla inglesa y de muchos otros del resto del mundo.	Estados Unidos	1837-1843

1.8 Los Rayos X y la Cristalografía Estructural avanzan en el Siglo XX

Otro de los grandes descubrimientos que posibilitaron el gran desarrollo de la mineralogía y específicamente la cristalografía, fue el de los rayos X en el año 1895, por el físico alemán WILHELM CONRAD RÖNTGEN (1845-1923).

Tabla 1-8: Desarrollo de la Cristalografía mediante la utilización de Rayos X. [20,8].

Nombre	Aportes a la mineralogía	País	Fecha
Max Theodor Felix Von Laue	Con sus ayudantes Walter Friedrich y Paul Knipping realizaron la difracción de un Haz de rayos X, a través de un cristal de esfalerita, convalidando simultáneamente la teoría atómica de Dalton, la existencia de los retículos cristalinos tridimensionales de Bravais, cuyos espaciados coinciden con el orden de magnitud de la longitud de onda de los rayos X, los cuales cobran significado como parte del espectro electromagnético descrito por Maxwell en 1865.	Alemania	1912
William Henry Bragg y William Lawrence Bragg	Premio nobel de Física. W Henry se dedicó a estudiar la naturaleza de los rayos X y a diseñar equipos de difracción y Lawrence a abordar las estructuras cristalinas de la materia sólida y los fundamentos de la cristalografía. Presentaron la ley de <i>Bragg</i> .	Australia	1913
Peter Joseph William Debye	Creador del llamado método del polvo para la identificación de sustancias cristalinas mediante rayos X, conocido como método <i>Debye-Scherrer</i> y la Cámara de uso corriente en mineralogía.	Holanda	1960
Hermann Klaus Hugo Weyl	Impulsó el fundamento teórico de la cristalografía multidimensional (27 grupos espaciales) operaciones de simetría.	Alemania	1950
Ralph Walter Graystone	Estudió las estructuras cristalinas mediante difracción de rayos X y la microscopía electrónica, creó la nomenclatura para definir las posiciones atómicas equivalentes en la celda elemental.	Estados Unidos	1919

Linus Carl Pauling	Sentó los criterios básicos para la clasificación moderna de los silicatos y los minerales complejos, estableció las cinco reglas en cristalografía para describir el comportamiento de los elementos dentro de las estructuras cristalinas. Su doctorado fue sobre la determinación de las estructuras cristalinas con rayos X.	Estados Unidos	1929
Martin Julian Buerger	Cristalógrafo de rayos X, diseño una cámara que lleva su nombre.	Estados Unidos	1930
Norman Levi Bowen	Pionero de la petrología experimental, postuló la existencia de un magma primario del cual se derivaron la mayoría de las rocas ígneas (serie de reacción mineral).	Estados Unidos	1915 1946

1.9 La Mineralogía y las nuevas Ciencias de la Tierra en el Siglo XX

El avance de la ciencia entre los siglos XIX y XX generó disciplinas nuevas con raíces en la química, la física, la mineralogía y la astronomía, las cuales configuran hacia 1920 ciencias independientes como la geoquímica, la astrofísica y la cosmoquímica. La exploración directa del espacio exterior, a partir de la segunda mitad del siglo XX, transformó la geología en paleontología comparada. El conocimiento creciente sobre los diferentes núclidos de la materia, la nucleosíntesis estelar de los elementos químicos y la composición promedio de las estructuras mayores, en los numerosos objetos astrofísicos observados, alimenta el notable desarrollo de las nuevas ciencias.

Tabla 1-9: Desarrollo de la mineralogía en el siglo XX. [23,9].

Nombre	Aportes a la mineralogía	País	Fecha
Frank Wigglesworth Clarke	Calculó la composición de la corteza terrestre en términos de abundancia relativa promedio de los elementos químicos.	Estados Unidos	1928

Viktor Moritz Goldschmidt	Fundador de la geoquímica moderna, se destacó por la aplicación de la termodinámica al balance químico entre minerales y rocas con el concepto de coeficiente de partición, en la clasificación geoquímica de los elementos y el estudio de los ciclos geoquímicos.	Austria	1930
---------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	------

1.10 La Mineralogía en la América Prehispánica

Para continuar el devenir histórico de la mineralogía, ahora nos vamos a referir a la América colonial, para ello nos referimos a la investigación presentada en el artículo historia de la química en América (Chamizo, 2004).

Aunque no se puede hablar de un desarrollo propiamente de la ciencia en América se utilizaban varias técnicas como la de embalsamar cuerpos, la de usar plantas medicinales producir tintes naturales y elaborar papel; específicamente en Mesoamérica se conocían 7 metales, el más importante el oro y se utilizaban técnicas de extracción y reducción de los metales, aleaciones y fundición.

En la América colonial especialmente en el siglo XVII y XVIII la química se centró en la metalurgia y la mineralogía, Alexander von Humboldt relató que "...en las montañas del nuevo mundo existe cobre, plomo, hierro y muchas sustancias mineras, indispensables para las necesidades de la agricultura y las artes, sin embargo la explotación se centra casi exclusivamente en oro y la plata, porque los miembros de la sociedad obran por consideraciones distintas de las que deben dirigir a la sociedad entera....".

En este orden de ideas podemos registrar en 1553 el Sevillano Bartolomé de Medina en Pachuca ciudad minera de México, dejó el más grande aporte del nuevo mundo en cuanto a la minería y fue el proceso de extracción de la plata por amalgamación.

Se encontró muchas minas de oro entre ellas una llamada *Chocó*, en una parte de la montaña había una gran cantidad de lo que los habitantes de la región llamaban platina y oro blanco.

En 1760 al asumir el trono, Carlos III estableció una serie de reformas dirigidas a modernizar el reino, este rey se rodeó de una serie de ilustrados que compartían las ideas que más tarde cristalizaron en la Revolución Francesa, estas reformas disminuyeron la toma de decisiones del poder eclesiástico en el reino y las colonias y propendían por la formación de las personas en oficios y profesiones técnicas que el momento exigía, por tanto se creó el *NUEVO SEMINARIO DE MINERÍA EN LA NUEVA ESPAÑA*, su director por 33 años Fausto de Elhúyar y su hermano Juan José descubrieron el elemento Wolframio.

También el profesor Manuel Del Rio descubrió en 1801 un nuevo elemento, el primero caracterizado en América, el ERITRONIO. (Chamizo, 2004). La comunidad científica Europa tardó tanto tiempo en reconocer este elemento, además de otros inconvenientes, que hicieron que se olvidara este descubrimiento, así en 1830 el sueco Sefstrom anunció la presencia de un nuevo elemento hallado en minerales de hierro y lo llamó *Vanadio*, Del Rio indicó que era el mismo elemento que él había hallado y el químico más importante del momento Jöns Jacobo Berzelius comprobó en 1831 que en realidad eran el mismo elemento.

A lo largo del siglo XIX varios químicos latinoamericanos formados en Europa, hicieron grandes aportes. Por ejemplo, el brasileño José Bonifacio de Andrada e Silva descubrió y caracterizó varios minerales dentro de los cuales se destacó uno que más tarde se identificó como el litio, además construyó el primer alto horno del país en su tierra mina Gerais.(Chamizo,2004).

1.11 El desarrollo de la Ciencia en Colombia

La Expedición Botánica, después de la llegada de José Celestino Mutis en 1761, la Comisión Corográfica, las oficinas públicas que realizaron el inventario geológico nacional, son buenos ejemplos de una actividad científica productiva, en la que la ausencia de condiciones propicias no impidió la generación y creación de conocimientos válidos y relevantes.(Melo, 1987)

La llegada de los españoles produjo una ruptura total en las formas de conocimiento con la cultura indígena, se impusieron los valores religiosos españoles. En ese momento España trató de mantenerse aislada de las formas nacies del pensamiento científico europeo (racionalismo y mecanicismo), este tipo de acercamiento científico no se permeó en las colonias americanas, por tanto las instituciones universitarias se dedicaron a formar en teología y en derecho.

En la década de 1760, los españoles se esforzaron por revitalizar la economía colonial y pensaron en tecnologías tales como la separación del oro y la plata y sistemas para explotar minas de vetas.

El conocimiento útil dio valor a las ciencias básicas (química, física, astronomía y botánica) en la medida que permitió un dominio de la naturaleza y por lo tanto un desarrollo productivo más acelerado.

Con la llegada del médico José Celestino Mutis llegó la medicina de la época, la cosmología copernicana y newtoniana, la matemática y la física. Esto permitió que un grupo de criollos realizaran un ejercicio de ciencia moderna al clasificar la flora y la fauna locales y conocieran la geografía del país.

Francisco Antonio Moreno y Escandón, en 1774 realizó la reforma en las universidades para quitar el monopolio a la iglesia; intentó establecer una universidad pública con preferencias por las ciencias exactas. (Melo, 1987). Aunque la universidad pública no pudo establecerse, su breve aplicación cambió el clima intelectual de la universidad y contribuyó a la formación de la élite científica que participó en la Expedición Botánica.

Aunque se formaron individuos con vocación científica las luchas por la independencia llevaron al cadalso a muchos de los intelectuales: Jorge Tadeo Lozano, José María Cabal y Miguel Pombo.

De 1820 a 1850, a pesar del optimismo inicial, fueron años de estancamiento, los intereses gubernamentales por adquirir una base adecuada de conocimiento buscaron expertos extranjeros. Es así como en la década de los veinte, se traen científicos franceses para establecer una escuela avanzada de minería, dicha escuela no logró funcionar y los sabios franceses realizaron unos estudios que se divulgaron a mediados del siglo.

De 1840 a 1850 en el marco de la reforma educativa se pretendió fortalecer la educación científica para debilitar la atracción por el derecho, vinieron para tal fin profesores de química, matemáticas y ciencia naturales franceses. Los estudiantes, los padres de familia y las autoridades locales se opusieron.

A mediados del siglo IX el gobierno contrató al geógrafo italiano Agustín Codazzi, quien logró conformar y dirigir una expedición —La Comisión Corográfica—, que hizo un primer estudio amplio de la geografía colombiana, a más de Manuel Ancizar, quien hizo el relato geográfico conocido como "*Peregrinación de Alpha*". El interés por la geografía condujo a la publicación de las primeras obras de conjunto sobre el país escritas por colombianos; en la década de los treinta se publicó la geografía de Feliciano Montenegro Colón y un extenso artículo de Lorenzo María Lleras que salió anónimo en la *Enciclopedia Británica*, en 1853 la *Memoria sobre la Geografía y la política de la Nueva Granada* de Tomás Cipriano de Mosquera y los trabajos derivados de la misma expedición, como la geografía de Santander, publicada en 1857, y los diversos libros de Felipe Pérez.

La figura más importante fue sin duda Joaquín Acosta (1800-1852) quien, originalmente dedicado a la vida militar, realizó un viaje a Europa entre 1825 y 1830 para asistir a cuanto curso estuvo a su alcance: física, química, matemáticas, geología, astronomía, medicina, historia y hasta baile y chino. Acosta, al volver al país en 1831, fue nombrado profesor de química de la Universidad Central y ejerció en forma casi continua la dirección del Observatorio Astronómico del Museo Nacional. De 1832 a 1841 fue profesor de mineralogía en el colegio del Rosario.

En resumen, durante estos primeros años de vida independiente hubo lugar a los esfuerzos frustrados del gobierno por impulsar la enseñanza de las ciencias, en un nivel que correspondió al de la educación secundaria, como requisito para el ingreso a la universidad o como parte importante de la formación militar. La carencia de docentes preparados, el elevado costo de traerlos, la falta de laboratorios, y la escasa importancia social de la ciencia, en un país en el que la única aspiración de los jóvenes de clase alta era la obtención del doctorado en derecho (y poco a poco, en ingeniería y medicina), crearon barreras muy elevadas para quienes pretendían que la ciencia era esencial para el desarrollo del país.

Mientras tanto en Antioquia la minería formó los primeros ingenieros locales y en 1874 la Universidad de Antioquia creó la Facultad de Ingeniería civil; en 1885 el gobierno de Rafael Núñez crea una Escuela Nacional de Minas, la cual vino a abrirse en 1888.

La actividad científica propiamente dicha estuvo limitada durante la segunda mitad del siglo XIX a áreas muy precisas. El Observatorio Astronómico continuó realizando mediciones y observaciones en forma más exacta, bajo la dirección de José María González Benito, un ingeniero formado en Europa. Un amplio número de científicos europeos recorrieron el país, ante todo realizando estudios geológicos y geográficos (H. Karstner, A. Hettner, A. Stübel, W. Reiss). En el área de la botánica que tenía algo de tradición, José Jerónimo Triana, formado en la Comisión Corográfica, viajó a Europa y desarrolló allí, apoyado por el gobierno, una notable carrera científica. Publicó una introducción a la flora colombiana y diversos estudios, entre ellos uno muy detallado sobre las quinas nacionales. Otros colombianos hicieron contribuciones menores en esta misma área de la botánica.

Durante los primeros treinta años del siglo XX se consolidó en primer lugar la geología, centrada en la Oficina de Longitudes, dirigida por Ricardo Lleras Codazzi y luego en 1916 la Comisión Científica Nacional, puesta bajo la dirección de una serie de científicos alemanes (Robert Scheibe, Emil Grosse, Otto Stutzer, Enrique Hubach) y en el Servicio Geológico Nacional. La Escuela Nacional de Minas formó también, bajo la orientación de Tulio Ospina Vásquez, una notable generación de ingenieros con vocación geológica, como Juan de la Cruz Posada. Por otra parte, desde 1941, el Instituto Geofísico de los Andes, vinculado a la Pontificia Universidad Javeriana, realizó el registro sísmológico del país. Por otro lado, las compañías petroleras realizaron estudios geológicos cuyos resultados, por lo regular, quedaron fuera del alcance de los científicos colombianos.

El gobierno creó en 1934 el Instituto Geográfico Militar que se convirtió luego en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi; en 1938 la sección de biología vegetal del Ministerio de Economía. También adquirió en 1925 el laboratorio Clínico Samper Martínez.

Una de las actividades de preparación científica una vez constituida la Universidad Nacional de Colombia, fue la de presentar tesis de grado, las más destacadas eran las de medicina, las cuales trataban de problemáticas locales como las epidemias de enfermedades y en la Escuela Nacional de Minas, cuyas tesis avanzaron el inventario geológico y minero de Antioquia, que propusieron soluciones a los problemas locales de transporte (Alejandro López propuso en 1899 el túnel de La Quebra en Antioquia, en su disertación de grado, lo cual sólo fue adoptado dos décadas después)

En el terreno educativo, comenzó la diversificación de las profesiones, sobre todo de aquellas vinculadas a la ingeniería. Ya desde finales del siglo IX se había dado una marcada divergencia entre las orientaciones de las facultades de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá y la Escuela Nacional de Minas, de Medellín. Mientras la primera, bajo la influencia de Julio Garavito Armero, astrónomo y matemático, propugnaba por una formación matemática elevada, con independencia de su aplicación profesional, la Escuela de Minas inicialmente independiente y luego parte de la Universidad de Antioquia bajo la influencia de Tulio y Pedro Nel Ospina y luego de José María Villa, de Alejandro López y otros, propugnaba por una ingeniería vinculada a la solución de problemas nacionales, capaz de usar materiales locales, con un currículo pragmático, que formara al ingeniero para su actividad práctica e incluso para una actividad empresarial. Curiosamente, a pesar del énfasis pragmático de la Escuela de Minas, que llevó al desarrollo de cátedras de economía, estadística, ingeniería industrial, etc., y que permitió formar una generación de ingenieros preocupados por la explotación minera de Antioquia por las vías de comunicación y estrechamente ligados a la modernización tecnológica de Colombia, que para la década de 1930 se había convertido en uno de los centros de excelencia en la formación matemática en el país.

Los procesos de institucionalización científica que tuvieron lugar durante la primera mitad del siglo estuvieron ligados a la creciente densidad del medio académico, a los procesos de urbanización, a la necesidad de intercambio de información en un país con varios núcleos culturales importantes, al crecimiento de las universidades, etc. En todo caso, en estos años se constituyeron varias sociedades científicas: los primeros centros de investigación, como la Academia Colombiana de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 1933, la Sociedad de Ciencias Naturales en 1912, el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional en 1940 y el Instituto Geofísico de los Andes en 1941. Además, fuera de las revistas que sobrevivían del período anterior, surgieron los Anales de Ingeniería en 1913, la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 1936, Caldasia en 1940, la Revista Colombiana de Química en 1944 y la revista Geología Colombiana en 1962.

Finalmente, la Universidad Nacional de Colombia tuvo en 1936, una importante reorganización, que unificó bajo una sola administración y en un solo campus las escuelas profesionales dispersas. Dentro de la nueva sede, se crearon las facultades de Química en 1939 y posteriormente de Ciencias en 1946.

Por supuesto, algunos de estos institutos y casi todos estos procesos hundían sus raíces en los períodos anteriores. En 1955, bajo el régimen militar, se creó el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, y en 1959 se trató de vincular al país a las tecnologías de la era atómica con la creación del Instituto de Asuntos Nucleares. La creación de nuevas profesiones se hizo en buena parte por fuera de la Universidad Nacional de Colombia, que comenzó a perder paulatinamente el cuasi monopolio de la educación que había tenido hasta los treinta, aunque mantuvo una hegemonía clara hasta finales de la década de los sesenta. La nueva situación ya anunciada por la creación de carreras como Ingeniería Química, que apareció primero en la Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad de Antioquia y en la Universidad del Valle y posteriormente en la Universidad Nacional de Colombia, fue bien caracterizada por la existencia de cuatro grandes centros universitarios de carácter público, de un nivel similar (Universidad Nacional, Universidad de Antioquia, Universidad Industrial de Santander y Universidad del Valle), de una universidad privada con vocación investigativa (Los Andes) y varias universidades privadas en las que algunas de sus escuelas tienen una actividad científica reconocible (Javeriana, Rosario, Bolivariana, etc.)

2. Estado del arte de la enseñanza de la mineralogía en Colombia

Realizada una lectura detallada de los estándares curriculares de ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (M.E.N., 2002), no se evidencia un hilo conductor desde el origen estelar de los elementos químicos o desde la formación de los minerales y las rocas de la corteza terrestre, para llegar a explicar los procesos de extracción de dichos elementos de sus menas (metalurgia) y lo más importante sus usos.

El Ministerio de Educación Nacional propone estándares generales para el estudio de las ciencias naturales y los docentes en términos generales se guían por los textos propuestos para los diferentes grados.

A continuación se presenta un resumen de los contenidos propuestos para los diferentes grados.

Tabla 2-1: Contenidos en Ciencias Naturales-Estándares M.E.N. [20,10].

GRADO	ESTANDARES
Cuarto y quinto	<p>Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición.</p> <p>Describo las características físicas de la tierra y su atmosfera. Establezco relaciones entre mareas, corrientes marinas movimiento de placas tectónicas, formas de paisaje y relieve y las fuerzas que los generan.</p>

Sexto y séptimo	Explico las consecuencias del movimiento de las placas tectónicas sobre la corteza de la tierra. Describo el proceso de formación y extinción de estrellas. Explico y utilizo la tabla periódica como herramienta para predecir procesos químicos.
Octavo, noveno, decimo y once	No existen estándares de forma explícita relacionados con el origen de los elementos químicos y la ley periódica.

En general se ve una enumeración de contenidos inconexos en el bachillerato y sin alusión directa a los estudio de la geología (mineralogía o petrografía). Mucho menos se alude a los recursos mineros de un país que presenta como ya se indicó, una nueva prospectiva minera (por ejemplo: la producción de carbón en el 2010 fue de 73 millones de toneladas y se espera producir 124 millones de toneladas en el 2014 solo para hablar de un renglón de explotación minera.) Pareciera que no nos interesara que nuestros futuros profesionales; los gobernantes del mañana, conocieran los recursos mineros del subsuelo Colombiano. Peor aun cuando ellos se forman en colegios privados donde sus textos de química son en su mayoría de ediciones extranjeras (Ebbing, Brown, Chang etc.).

En contraste, al realizar la revisión de los estándares de otros países, se encuentra que por ejemplo España, presenta de forma explícita en sus textos de ciencias, contenidos de geología, para que sus nacionales, conozcan, valoren y defiendan sus recursos mineros.

De otro lado, en relación con los estándares de ciencias sociales que pueden abordar contenidos integradores con las ciencias naturales tenemos:

Tabla 2-2: Contenidos en Ciencias Sociales. [20,11].

GRADO	ESTANDARES
Cuarto y quinto	Reconozco los diferentes usos que se le dan a la tierra y a los recursos naturales en mi entorno y en otros (parques naturales, ecoturismo, ganadería, agricultura...)
Octavo y noveno	Comparo las maneras como distintas comunidades, etnias y culturas se han relacionado económicamente con el medio ambiente en Colombia a lo largo de la historia (pesca de subienda, cultivo en terrazas...)
Decimo y once	Explico y evalúo el impacto del desarrollo industrial y tecnológico sobre el medio ambiente y el ser humano. Identifico algunos factores que han dado origen a las nuevas formas de organización de la economía mundial (bloque económicos, tratados de libre comercio, áreas de libre comercio...)

Visto así este panorama, es importante una visión de la enseñanza de la química basada en un contexto social, ver la Química como una **socio-ciencia**. Por tanto se debe precisar su enseñanza desde una mirada historico-epistemologica (el profesor José Luis Villaveces lo llama hacer arqueología del conocimiento) donde se le dé la importancia al contexto social, cultural político y económico en la producción de sus saberes. Visión de la enseñanza de la química igualmente compartida y manifestada entre otros, por el profesor Rómulo Gallegos Badillo en su amplia y reconocida producción sobre epistemología de la química. (Gallego, Pérez, 2009).

Otra aspecto a tener en cuenta y que contribuye en gran medida a la enseñanza de la química, en lo referente a la forma de ordenar o presentar los contenidos, lo constituye la **enseñanza para la comprensión**, con el fin de abordar su estudio a partir de tópicos generativos, que integren los contenidos que tradicionalmente se presentan aislados, en torno a problemas o fenómenos cotidianos, incluso propuestos por los estudiantes, posibilitando así realmente el aprendizaje significativo.

Otro componente encaminado a motivar el estudio de la química, es despertar esa curiosidad propia de los estudiantes, para que realmente encuentren placer por conocer, placer por saber, antes que cualquier innovación o aporte a la didáctica, este debe ser el componente más fuerte de una propuesta que se llame de innovación. (Dice el maestro Carlos Vasco: hacer que el estudiante adquiera ese vicio, no nocivo, pero si adictivo: Pensar).

Precisamente los anteriores enfoques se complementan con el pensamiento del premio nobel de física George Charpak:

“los estudiantes se debe formar primero como ciudadanos y ciudadanas y aunque no se pretende formar exclusivamente científicos, deben acercarse a la forma de pensar de un científico.”(Charpak, 2006)

Por tanto para utilizar esta forma de pensamiento, en la solución de problemas a lo largo de su vida, ellos además deben estar en capacidad de hacer modelos del mundo desde las ciencias empirico-analíticas, pero sin desconocer la existencia de otros saberes.

El estudio de la química, también debe propender por el desarrollo de las funciones y operaciones mentales como prerrequisito para el desarrollo de la estructura de pensamiento en los estudiantes, para que puedan acceder a cualquier disciplina del conocimiento y realizar así su proyecto de vida. Es el último componente de esta propuesta desde la química y específicamente desde la mineralogía. Sentar las bases para la formación del espíritu de emprendedores como lo propone el proyecto para colegios de excelencia de la capital, en lo pertinente a la formación para el trabajo. Por tanto dentro de esta perspectiva otro referente de esta propuesta integradora, lo constituye el dialogo y contrastación de saberes en un trabajo cooperativo para alcanzar la construcción del conocimiento en el aula de clase.

3. Referentes pedagógicos

La propuesta didáctica para acercar a los estudiantes al estudio de la tabla periódica, se fundamenta y debe ser desarrollada en el aula de clase atendiendo al aprendizaje cooperativo, la enseñanza para la comprensión y la modificabilidad cognitiva.

3.1 Aprendizaje Cooperativo

“Juntarse es un comienzo; seguir juntos es un progreso, trabajar juntos es el éxito.”

Henry Ford.

La propuesta reconoce el papel de la interacción con el otro en el proceso educativo; con su utilización en el aula de clase, el estudiante reconoce la importancia del otro en su propio aprendizaje, (construcción compartida del conocimiento) permitiendo mejorar el nivel de comunicación, el respeto de las ideas del otro, la argumentación y la identificación de los diferentes roles sociales.

Los estudiantes toman roles por grupos como (secretario, relator, director científico, jefe de material etc.)

La clase se desarrolla con una dinámica particular, finalizando con una puesta en común donde se proponen las conclusiones y se registran las conceptualizaciones pertinentes. (Holubec, et al, 1999).

3.2 Enseñanza para la Comprensión

Permite organizar el conocimiento de tal forma que el estudiante alcance realmente la comprensión. Mediante los tópicos generativos (conceptos, cuestiones, ideas que proporcionan, significación, conexiones y variedad de perspectivas)

Se logra estimular el pensamiento para que él pueda explicar, demostrar, ejemplificar, generalizar, establecer analogías y volver a presentar los tópicos de otra forma, aplicados a contextos de la vida real. Facilita visualizar a donde se quiere llegar en un curso, un semestre o un año a través del planteamiento de hilos conductores y metas de comprensión. Por último los desempeños de comprensión, exigen al estudiante usar los conocimientos previos de maneras nuevas para construir la comprensión del tópico de la unidad, son actividades que le exigen mostrar sus comprensiones de forma que puedan ser observadas, haciendo que su pensamiento se torne visible, que demuestre públicamente lo que sabe. (Aduriz, 2005)

3.3 Modificabilidad Cognitiva

Reuven Feuerstein quien recoge el aporte piagetiano (estructura cognitiva), presenta su teoría de modificabilidad cognitiva que se hace operativa con su programa de enriquecimiento instrumental dirigido a los estudiantes que presentan bajo rendimiento escolar, centrando su acción en el mejoramiento de las funciones y operaciones mentales con su modelo de experiencia de aprendizaje mediado.

En este orden de ideas, nuestra propuesta busca mediante el aprendizaje mediado, el desarrollo de dichas operaciones (conjunto de acciones interiorizadas, organizadas y coordinadas por las cuales se elabora la información procedente de las fuentes internas y externas de estimulación).

Operaciones mentales a desarrollar: identificación, diferenciación, representación mental, transformación mental, comparación, clasificación, codificación-decodificación, proyección de relaciones virtuales, análisis-síntesis, inferencia lógica. (Fuentes, 2005)

4. Propuesta didáctica

Diseño y elaboración de una “MALETA PARA PROSPECTAR MINERALES EN COLOMBIA”

Diseño y elaboración de una cartilla para el reconocimiento químico de algunos minerales

4.1 Objetivos:

Reconocer algunas propiedades de los minerales, con base en pruebas físicas y químicas sencillas.

Identificar y clasificar químicamente los minerales de la maleta y su utilidad.

Identificar los distritos mineros de Colombia y determinar su producción minera.

Precisar la importancia que representa el sector minero en la economía del país.

Identificar el origen del nombre de algunos elementos químicos, el mineral y el material terrestre donde se encuentra.

Identificar los principios en que se basa la clasificación periódica de los elementos químicos.

4.2 Antecedentes

Esta propuesta forma parte del proyecto de aula: DE LAS ESTRELLAS A LA TABLA PERIÓDICA, LA RUTA FACINANTE DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS, desarrollada en el colegio CODEMA I.E.D de la Secretaria de Educación Distrital, el cual se implementó en el 5º grado de educación básica primaria y en el grado 11º de educación media, en el año 2009, proyecto que pasó por su carácter de innovación al programa MAESTROS QUE APRENDEN DE MAESTROS. Dicho proyecto se socializaba a maestros del distrito para que abordaran en sus aulas el estudio de la tabla periódica de una manera diferente, al presentar primero las teorías sobre el origen del universo, el origen estelar de los elementos químicos, luego la

formación de la tierra, la corteza terrestre, las rocas y los minerales y después de conocer algunos de ellos, el proyecto finalizaba con la elaboración de material decorativo y bisutería (collares y manillas) con algunos minerales (amatista, ágata, citrino, ónix, piedra de rio etc.) y la realización de una exposición de trabajos.

Este proyecto fue nominado como mejor trabajo en ciencia y tecnología de la localidad 8 (Kennedy) durante el periodo 2008-2011

A continuación presentamos la planeación de la unidad didáctica completa desde el enfoque de enseñanza para comprensión. La propuesta del presente trabajo de grado corresponde únicamente a la parte de identificación, reconocimiento y clasificación de algunos minerales colombianos.

ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSION CIENCIAS NATURALES CICLO 4 Y 5

TOPICO GENERATIVO: ¿De qué elementos está formado el subsuelo colombiano?

Red de ideas para el tópico generativo.



METAS DE COMPRESION

¿Cuáles son las propiedades de la materia? ¿Cómo se presenta la materia? ¿Cuál es la diferencia entre un elemento y un compuesto? ¿Cómo está estructurada la corteza terrestre? ¿Qué es una roca? ¿Qué es un mineral? ¿Qué es un cristal? ¿Cuáles son las propiedades de los minerales? ¿Cómo se clasifican químicamente los minerales? ¿Por qué los elementos químicos tienen esos nombres? ¿Cómo se clasifican los elementos según sus propiedades en la tabla periódica? ¿Qué es un metal? ¿Cuáles son sus propiedades? ¿Cómo se extraen los metales de los minerales? ¿En que se utilizan los metales? ¿En que se utilizan las gemas preciosas y semipreciosas?

HILOS CONDUCTORES

¿Cómo se utilizan las fuentes de información? ¿Cómo se elabora una guía? ¿Cómo se hacen mapas conceptuales? ¿Cómo se produce un texto? ¿Cómo se realiza una exposición? ¿Cómo se argumenta? ¿Cómo se formulan hipótesis? ¿Cómo relaciono estos conocimientos con otras disciplinas del saber? ¿Cómo aplico estos saberes en mi vida cotidiana?

DESEMPEÑOS DE FORMACION

Que el estudiante identifique los elementos químicos presentes en los minerales.

Que el estudiante explique cómo está conformada químicamente la tierra, reconociendo los tipos de rocas, los minerales y su fórmula química.

Que el estudiante reconozca las propiedades de los elementos químicos y sus propiedades y organización periódica.

Que el estudiante conozca como es el proceso de extracción de los metales y cuál es su uso industrial de estos.

Que el estudiante conozca el uso de las gemas preciosas en la elaboración de joyas.

Que el estudiante conozca los distritos mineros de Colombia y el uso de algunos minerales.

Que estudiante este en capacidad de realizar exposiciones orales utilizando adecuadamente los diferentes recursos audiovisuales.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La revisión realizada a los conceptos básicos en mineralogía, constituye un gran aporte a mi formación como docente de química y por ende contribuirá a la formación en ciencias naturales de mis alumnos del I.E.D. Codema.

Los estándares curriculares propuestos por el Ministerio de Educación Nacional, no presentan en forma explícita, ni secuencial los contenidos pertinentes al estudio de la Geología y/o la Mineralogía, a pesar de ser uno de los renglones más importantes de la economía nacional, la presente propuesta contribuye a complementar dichos estándares curriculares y propiciar la interdisciplinariedad a través de los contenidos en ciencias de la tierra.

La propuesta de una maleta didáctica se constituye en una novedosa alternativa para abordar el estudio de la tabla periódica de los elementos químicos y otros contenidos propuestos para la enseñanza de la química en los ciclos 4 y 5 de la educación media, a través de la realización de pruebas sencillas de laboratorio, con aplicaciones prácticas utilizando nuestros recursos mineros.

La propuesta didáctica de la maleta y la cartilla de apoyo, que posibilita la integración de saberes entre la química y la mineralogía, fortaleciendo la enseñanza de las ciencias de la tierra.

5.2 Recomendaciones

A partir de la presente propuesta didáctica, se recomienda un cambio en los estándares curriculares en ciencias naturales para incentivar el estudio de la geología y la mineralogía de manera explícita desde los primeros ciclos de la educación básica.

Se recomienda la utilización de la maleta y la cartilla, para utilizarse en los colegios públicos y privados del país como aporte al estudio de los minerales de Colombia.

Se recomienda la utilización de la maleta en las salidas de campo del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, para la asignatura de Ciencias de la Tierra de la Maestría de la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Se propone continuar a partir de este trabajo con otras propuestas didácticas de la geología y la mineralogía, como un aporte a la enseñanza de las ciencias naturales en la educación Colombiana.

6. Bibliografía

- [1] ASIMOV, I. (2003). *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza editorial.
- [2] ADURIZ, A. LOPEZ, R. y SIMON, J. (2005) *Enseñanza para la comprensión*. Extraído el 20 de octubre de 2011 de www.nacio.unlp.edu.ar/docs/jornada29-07-05.ppt
- [3] BRONOSWKY, J. (1979). *El ascenso del hombre*. Ciudad de México: Fondo Educativo Interamericano.
- [4] CHAMIZO, J. (2004). *Apuntes sobre la historia de la química en América Latina*. Ciudad de México: Revista Sociedad Química. Universidad Nacional de México.
- [5] Charpak, G. LENA, p (2006) *Los niños y la ciencia: la aventura de la mano en la masa*. Madrid: Editorial siglo XXI.
- [6] FUENTES, S. (2007). *Reuven Feuerstein. Su propuesta teórica y práctica al servicio del ser humano*. Extraído el 15 de noviembre de 2010 desde <http://www.slideshare.net/israelrusso/sonia-fuentes>
- [7] GALLEGOS, R. PEREZ, R. (2009). Estudios sobre la historia social de las ciencias y origen de la escuela normal superior de Colombia. *Studiositas*, vol 4, 39-53.
- [8] JONSON, D. JONSON, R y JONSON, H. (1999). *La cooperación en el aula de clase. En Los nuevos círculos del aprendizaje*. Buenos aires: Editorial Aique.

[7] MELO, J. (1987). *Colombia es un tema. En conferencia: Historia de la ciencia en Colombia.*

[9] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (2002). *Estándares curriculares.* Extraído el 15 de noviembre de 2010 desde (www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-116042.html/)

[10] SUREDA, R. (2008). *Historia de la mineralogía.* Tucumán: Instituto Superior de Correlación Geológica.

[11] Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas.* Bogotá: Fondo de Cultura Económica.

A. Anexo: Cartilla para el reconocimiento químico de algunos minerales, maleta con minerales y kit de reactivos.

