



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

*Aprendizaje basado en la solución de problemas:
una propuesta de aplicación de la definición de
problema de Toulmin para abordar el tema
“Minerales, ¿la clave de la civilización?”*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
(QUÍMICA)

PRESENTA:

YOSAJANDI PÉREZ CAMPILLO



DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Dra. María Del Carmen Sánchez Mora

SECRETARIO: Dra. Rosa Del Carmen Flores Macías

VOCAL: Dra. Alejandra García Franco

1er. SUPLENTE: Dr. José Antonio Chamizo Guerrero

2do. SUPLENTE: Dra. Margarita Flores Zepeda

Lugar donde se realizó la tesis:

Facultad de Química, UNAM. México, Distrito Federal.

TUTOR DE TESIS:

Dr. José Antonio Chamizo Guerrero

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México,
a la Facultad de Química,
a la Dirección General de Apoyo al Personal Académico,
a la Escuela Nacional Preparatoria...*

por las condiciones brindadas para llevar a cabo este trabajo.

A Paty Huerta...

por su voto de confianza y dejarme hacer “lo que quise” en sus grupos.

Al Dr. José Antonio Chamizo...

por aceptar dirigir esta tesis y darme luz en los momentos de oscuridad.

A los estudiantes del grupo 519 de la E.N.P No. 9 (años 2009 y 2010)...

por su dedicación, esfuerzo y paciencia para aprender cosas nuevas.

A mi querida familia, la antigua y la nueva...

por estar en mi vida y apoyarme siempre.

A los amigos que me acompañaron en este viaje...

por escucharme, aguantarme y darme ánimo.

*Y no dejamos de preguntarnos,
una y otra vez,
hasta que un puñado de tierra
nos calla la boca...*

Pero, ¿es eso una respuesta?

Heinrich Heine

Lazarus

(1854)

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	... 1
2. JUSTIFICACIÓN.	... 8
3. MARCO TEÓRICO.	... 17
3.1 La Enseñanza Estratégica.	... 18
3.1.1 Aprendizaje Significativo.	... 18
3.1.2 Constructivismo.	... 19
3.1.3 Estrategias de aprendizaje.	... 21
3.1.4 Metacognición y autorregulación.	... 23
3.2 La educación formal y la visita a museos.	... 26
3.3 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia de aprendizaje.	... 30
3.3.1 El ABP: caracterización.	... 31
3.3.2 Definición de problema.	... 35
3.3.3 Stephen Toulmin: <i>su</i> definición de problema.	... 36
3.3.4 Una herramienta para la solución de problemas: el Diagrama Heurístico.	... 42
3.4 La argumentación en la ciencia escolar.	... 48

	Página
4. METODOLOGÍA Y SECUENCIA DIDÁCTICA.	... 53
4.1 La investigación-acción	... 54
4.2 La investigación cualitativa.	... 55
4.2.1 El estudio de casos.	... 56
4.3 Diseño de la secuencia didáctica.	... 57
4.3.1 La experiencia de la prueba piloto.	... 62
4.4 Versión final de la secuencia didáctica	... 65
4.4.1 Fase I: Introdutoria	... 66
4.4.2 Fase II: Planteamiento y solución del problema	... 69
4.4.3 Fase III: Evaluación	... 70
4.5 El caso	... 78
5. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA Y SU ANÁLISIS.	... 79
5.1 Fase I: Introdutoria	... 80
5.2 Fase II: Planteamiento y solución del problema	... 90
5.3 Fase III: Evaluación.	... 126
6. CONCLUSIONES.	... 160
7. REFERENCIAS.	... 166

ANEXOS.

Anexo 1. Material para la clase introductoria de “minerales”.

Anexo 2. Guía de actividades: visita al Museo de Geología.

Anexo 3. Formato para la actividad experimental:
“Propiedades de los minerales”.

Anexo 4. Lectura de introducción al tema de “metales”:
“La litósfera: metales y metalurgia”.

Anexo 5. Guía de actividades: visita al Museo Franz Mayer

Anexo 6. Cuestionario para el video: “Los metales:
materiales para múltiples usos”.

Anexo 7. Tipos de preguntas

Anexo 8. Diagrama Heurístico (con instrucciones de
llenado)

Anexo 9. Guía de elementos básicos para la argumentación
en ciencias. (Modelo argumentativo de Toulmin)

Anexo 10. Ejemplo de ejercicio de argumentación.

Anexo 11. Examen

1. INTRODUCCIÓN

*“Si pudiera haber un progreso básico en el siglo XXI sería que,
ni los hombres ni las mujeres siguieran siendo
juguetes inconscientes de sus ideas
y de sus propias mentiras.
Es un deber importante de la educación
armar a cada uno en el combate vital
para la lucidez”.*

Edgar Morin

Antes de hablar sobre el tema específico de esta tesis, quisiera compartir una muy breve reflexión sobre la actividad docente. Me tomo esta libertad porque este trabajo está pensado y dedicado a los alumnos, pero dirigido a los profesores en un intento por transmitir lo que pienso debe ser la actividad docente y con el propósito de motivar a otros a reflexionar también sobre la actividad que hemos escogido para dedicar gran parte de nuestra vida...

Empezaré esta reflexión retomando el pensamiento de Edgar Morin citado al inicio de este texto porque me parece que es una manera muy poética de decir lo que nos toca hacer como profesores: todo lo posible para que los estudiantes con los que tendremos la oportunidad de trabajar abran los ojos y las mentes a todo un mundo de conocimientos, ideas, pensamientos... y que lo hagan con la capacidad para analizar, criticar y reflexionar... no importa cuál sea nuestra asignatura, lo que importa es el proceso mediante el cual nos acerquemos al conocimiento y por lo tanto favorezcamos el aprendizaje.

Como dice Graciela Pérez (Pérez, 2008): “Se busca que los alumnos tomen conciencia de sí mismos, de lo que aprenden y de la relación entre lo que aprenden y su realidad [...] El reto para los docentes es propiciar cambios de actitud y desarrollo de habilidades, es propiciar condiciones para que los alumnos sean capaces de conocer y explicar su realidad para detectar los problemas que enfrentan, comprenderlos y resolverlos en un proceso de transformación”. En este sentido, habrá que tener siempre presentes los postulados básicos de la UNESCO (Delors, 1996) en cuestión de aprendizaje: *aprender a hacer* (a fin de adquirir no

sólo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a un gran número de situaciones y a trabajar en equipo), *aprender a conocer* (combinando una cultura general suficientemente amplia, además de *aprender a aprender* los aprendizajes que capacitan a los estudiantes para la innovación y la incorporación activa en los procesos de cambio en la ciencia, la tecnología, la práctica profesional y el saber en general), *aprender a vivir juntos* (desarrollando la comprensión del otro y la percepción de las formas de interdependencia) y *aprender a ser* (para que florezca mejor la propia personalidad y se esté en condiciones de obrar con creciente capacidad de autonomía, de juicio y de responsabilidad personal.). Sin embargo, para poder lograr estos aprendizajes se requiere de una serie de factores que tienen que ver no sólo con la “voluntad de cambio” del profesor, sino también con una serie de condiciones que pueden abarcar desde las aulas en donde se labora hasta los sistemas educativos y las tendencias mundiales de globalización y control de la sociedad.

Dice Porfirio Morán (Morán, 2003) que la verdadera docencia es aquella que propicia que el alumno se forje la necesidad de aprender por su cuenta y encontrar en el profesor un guía, un acompañante de travesía para llegar al conocimiento y en el grupo un espacio de encuentro, de intercambio, discusión y confrontación de ideas. Lo malo es que esto que nos dice Morán no es algo nuevo o el *hilo negro*, es algo que muchos autores mencionan, que se ha analizado ininidad de veces, pero que lamentablemente no ha permeado en las mentes de los profesores y menos aún en sus clases... seguimos teniendo la clase tradicional, con el profesor al frente en su pedestal, impartiendo *cátedra* a un grupo de seres que parecieran inanimados y descontextualizados... ¿cómo cambiar eso? Quizá haciendo caso de lo que algunos pensadores ya han dicho: “al alumno hay que enfrentarlo con situaciones y experiencias que enseñen formas de construir el pensamiento, con textos fundantes y estrategias didácticas que desarrollen y develen lógicas de pensar que posibiliten los descubrimientos, que historicen y problematicen el conocimiento; antes que consumir diversos libros o usar redes electrónicas, con

mucha información, pero que en el mejor de los casos, se le indigesta teóricamente en lugar de ejercitar la inteligencia” (Morán, 2003). Creo yo que de eso se trata, de “ponerse la camiseta” como verdaderos docentes y buscar las maneras, los medios, los recursos para lograr el cambio dentro de nuestras aulas. Habrá que ser creativos, inquisitivos e “investigadores” en la cotidianidad, pero sobre todo, habrá que ser humildes para reconocer los errores, para reflexionar sobre lo que hemos hecho y lo que estamos haciendo y para aprender lo mucho que nos hace falta saber no sólo en el ámbito de la educación sino de la vida. Me pregunto: ¿cómo ha de ser posible que hablemos de tener alumnos inquisitivos, analíticos, críticos, ávidos de conocimiento, si nosotros los profesores no lo somos? ... Dice un viejo refrán que “el buen juez, por su casa empieza”, habrá que hacerlo y dedicarnos a iniciar el proceso de cambio. Como dice Rafael Santoyo (1995): “Aprender es la finalidad del grupo y aprender significa cambiar [...] En otros términos, pensar equivale a abandonar un marco de seguridad y verse lanzado a una corriente de posibilidades...”

Y en esta idea de cambio, vale la pena señalar que en términos generales, a los docentes se nos ha olvidado que somos seres sociales. Sí, seres que aunque con características individuales, nos desarrollamos dentro de una sociedad que nos dicta una serie de conductas, reglas, valores, etc. y que queramos o no nuestras actitudes y conductas tienen que ver con esta interacción social. Más aún, nos hemos olvidado que la relación maestro – alumno es eso: una interacción social entre seres humanos. ¿Por qué mencionar esto? Porque creo que si hablamos de seres humanos y además seres sociales debemos dejar a un lado la idea generalizada de la “transmisión de información” que durante años se ha dado en las aulas, sin detenerse a averiguar ¿qué hay con el otro?, ¿cómo se siente?, ¿qué problemática podría tener? Saber eso nos hace falta... no porque vayamos a ser los “héroes del cuento” o porque nos convirtamos en el padre\madre, amigo\amiga de los estudiantes sino porque debe haber una relación interpersonal, una empatía y sí, una afectividad en el salón de clases, de modo tal que los seres humanos que se encuentren ahí se sientan bienvenidos, se sientan

en armonía con el otro a pesar de las diferencias. Hoy día, la calidad de vida de las personas en la mayoría del territorio de nuestro querido México y particularmente la de nuestros estudiantes es muy precaria: pocos recursos económicos, familias disfuncionales, el proceso de la adolescencia, la descomposición social, etc. son factores con los que los alumnos deben lidiar todos los días y eso lo debemos tener presente para poder lograr nuestros objetivos, como dice Jaques Delors (Delors, 1996): “por consiguiente, [el docente] debe tener en cuenta este nuevo contexto para hacerse escuchar y comprender por los jóvenes, para despertar en ellos el deseo de aprender y para hacerles ver que la información no es conocimiento, que éste exige esfuerzo, atención, rigor y voluntad”. Debemos entonces, aprender a trabajar en grupo y con el grupo, en este grupo de seres humanos diversos en donde, como dice Santoyo (1995), “las contradicciones [...] son el resultado de diversos enfoques, marcos referenciales y posiciones teóricas que se ubican en la escena del análisis grupal a través del diálogo y la discusión. Todo esto configura el marco de un ambiente intelectual y afectivo donde se da una contienda entre lo nuevo y lo viejo, entre lo estacionario y lo cambiante donde se ratifican o rectifican puntos de vista, donde se dan saltos cualitativos, en un proceso que favorece el aprendizaje entendido aquí como un nuevo estadio que da lugar a otras contradicciones que activan la búsqueda de nuevas soluciones, apareciendo así un espiral en constante movimiento”.

Ese debe ser el objetivo: “un espiral en constante movimiento” en donde el conocimiento, el aprendizaje y las relaciones sociales sean los que lo constituyen y seamos los docentes y discentes los actores que lo pongamos en marcha. Pero entendamos, que nada de esto es posible si no estamos convencidos todos: profesores, alumnos, sociedad... todos. Porque nos guste o no vivimos en un mundo de desigualdades (Reygadas, 2004) a las que nos hemos tenido y tendremos que enfrentar cotidianamente y a las que nuestros alumnos también se enfrentan y enfrentarán: la desigualdad en el “capital social” (redes de relaciones), la desigualdad en la estructura y dinámica familiares y la desigualdad en el capital económico, todas ellas con la característica común de que poco podemos hacer

para modificarlas sustancialmente, lamentablemente Bordieu (en Bonnewitz, 2003) tiene razón cuando dice que “la distribución desigual de los capitales tiene una marcada tendencia a la estabilidad”; sin embargo, hay una desigualdad que creo que es más factible de amortiguar: la desigualdad en el conocimiento, que aunque existe, más podremos hacer en lo individual para contrarrestarla. Hagamos caso a Reygadas (2004) cuando dice: “Si la desigualdad tiene muchas caras, muchas aristas y muchas dimensiones, la búsqueda de la igualdad también es multifacética y tiene que desplegarse por diversas rutas”. Y esta búsqueda de la igualdad, en cualquiera de sus caras, sólo será posible en la medida que hagamos el proceso de aprendizaje algo cotidiano, algo inherente a nosotros mismos en cualquier contexto. Cuando Etienne Wenger (2001) se pregunta “¿Qué ocurriría si supusiéramos que el aprendizaje es una parte de nuestra naturaleza humana, igual que comer o dormir, que es sustentador de la vida y al mismo tiempo inevitable y que –si se nos da la oportunidad- somos bastante buenos en él?”, yo le respondería: ocurriría la disminución de la desigualdad entre los seres humanos. Porque además, como dice Edgar Morin (1999) y para concluir esta introducción: “la educación debería mostrar e ilustrar el Destino con las múltiples facetas del humano: el destino de la especie humana, el destino individual, el destino social, el destino histórico, todos los destinos entrelazados e inseparables. Así, una de las vocaciones esenciales de la educación del futuro será el examen y el estudio de la complejidad humana. Ella conducirá a la toma de conocimiento, esto es, de conciencia, de la condición común a todos los humanos, y de la muy rica y necesaria diversidad de los individuos, de los pueblos, de las culturas, sobre nuestro arraigamiento como ciudadanos de la Tierra.”

Con este orden de pensamiento presento esta tesis, para tratar de mostrar –desde mi trinchera- que es posible modificar la actitud del docente e introducir en el aula estrategias didácticas que contribuyan al cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias; para tratar de demostrar que a través del diseño y ejecución de secuencias didácticas que incluyan el aprendizaje estratégico y una postura filosófica definida, se puede contribuir al proceso de desarrollo de

habilidades como *aprender a aprender, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a vivir juntos* en los estudiantes.

En este trabajo se partirá de la enseñanza estratégica para abordar un tema del programa de quinto año del bachillerato: “Minerales, ¿la clave de la civilización?” tomando como eje central la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas, a partir de la definición de problema de Toulmin y con el uso del Diagrama Heurístico como herramienta de solución. Dentro de la secuencia planteada se utilizan como estrategias de enseñanza-aprendizaje la visita a dos museos de la Ciudad de México, la realización de actividades experimentales, el uso de TIC's y la elaboración y exposición de carteles. Asimismo, como instrumentos de evaluación se consideran la asociación de palabras y la medición del nivel de competencia argumentativa. La aplicación de la secuencia planteada se lleva a cabo bajo la metodología del estudio de casos.

2. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, la ciencia se ha convertido en algo fundamental para la sociedad y ha pasado a formar parte de nuestras vidas. El conocimiento que la ciencia nos aporta se está convirtiendo en un elemento imprescindible para comprender el mundo en que vivimos, pero sobre todo, para conformar opiniones más sólidas, más fundamentadas y con mayores argumentos que nos permitan tomar decisiones sobre determinados *avances científicos* que irrumpen en nuestra vida cotidiana y de los cuales no siempre se sabe si para bien o para mal. Cuestiones como el calentamiento global, efecto invernadero, disminución de la capa de ozono, alimentos transgénicos, biocombustibles, nuevos materiales, nanotecnología, superconductores, energía nuclear, armas químicas, etc. son temas que impactan a la sociedad porque pueden beneficiarla o perjudicarla y para tomar decisiones sobre su uso o no, lo primordial es estar informados y entender de qué se está hablando, en otras palabras: estar alfabetizado científicamente¹.

Pero antes de continuar con el aprendizaje de la ciencia, conviene preguntarnos primero *¿qué es ciencia?*

Difícil es dar una definición de ciencia que no parezca sacada del diccionario y que no nos diga gran cosa, por ello, vale la pena recordar aquí las palabras de R. Merton (1977 en Izquierdo, 2000):

“Ciencia es una palabra engañosamente amplia que se refiere a una variedad de cosas distintas, aunque relacionadas entre sí. Comúnmente se la usa para denotar: 1) un conjunto de métodos distintos mediante los cuales se certifica un conocimiento; 2) un acervo de conocimiento acumulado que surge de la aplicación de estos métodos; 3) un conjunto de valores y normas culturales que

¹ De acuerdo con el programa PISA (en Jiménez *et al.*, 2002) la alfabetización científica se define como: “la capacidad de utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas relevantes y extraer conclusiones basadas en evidencias, con la finalidad de comprender y ayudar a tomar decisiones en relación a los fenómenos naturales y a los cambios introducidos a través de la actividad humana”

gobiernan las actividades llamadas científicas; 4) cualquier combinación de los elementos anteriores [...]

Por otro lado, dice Mercè Izquierdo (2000) que los modelos cognitivos de ciencia hacen hincapié en que la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva, como lo son también los aprendizajes, y que, por ello, para hacer ciencia es necesario actuar con una meta (que es interpretar el mundo, darle significado para poder intervenir en él) utilizando la capacidad humana de representarse mentalmente lo que se está haciendo y de emitir juicios sobre los resultados de la actuación. Pero además, siguiendo a Hacking (1983 en Izquierdo, 2000), considera que la ciencia actual pretende no sólo conocer el mundo sino, sobre todo, transformarlo.

Pero para lograr la transformación a través del conocimiento científico primero hay que conocer y entender los procesos de la ciencia, y lo cierto es que a pesar de que en la actualidad la información está prácticamente en todos lados, la introducción a este mundo científico se realiza básicamente desde la escuela.

Entonces, la ciencia escolar toma relevancia y puede aproximarse así a lo que, según Maxwell (1986, en Izquierdo, 2000) es una ciencia “sabia”, que es aquella que se dedica a lo que tiene valor para la vida humana e implica: pasar de un problema científico a un problema social, de un interés individual a un interés social, del aislamiento a la cooperación, del pensamiento a la acción, del conocimiento enciclopédico a la comprensión. En efecto, una ciencia así es una ciencia educadora que se interesa por el planteamiento de problemas, y no sólo por su solución; por la búsqueda de información, y no sólo por la recepción de la misma; se dedica a problemas relevantes, por más complejos que sean y no tengan una solución única y se valora esta solución según sean las acciones que implique, sus posibilidades de éxito y sus consecuencias (Izquierdo, 2000).

Todo ello es coherente con la ciencia entendida como praxis, como actividad, y es también coherente con las aportaciones actuales de la didáctica de las ciencias. Según Perkins (1986, en Izquierdo, 2000), un conocimiento activo es el que puede

aplicarse y requiere cuatro elementos: una pregunta, una estructura de conocimiento en la cual tenga sentido la pregunta, ejemplos de cómo responder la pregunta y una argumentación que estructure la respuesta.

Es decir, la actividad escolar debe transformar el mundo del alumnado y por ello, enseñar ciencias implica, entre otros aspectos, establecer puentes entre el conocimiento, tal como lo expresan los científicos a través de textos, y el conocimiento que pueden construir los estudiantes. Para conseguirlo es necesario reelaborar el conocimiento de los científicos de manera que se pueda proponer al alumnado en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje (Jiménez y Sanmartí, 1997).

De este modo, lo que se pretende en esta tesis es la reelaboración del conocimiento científico en un área científica específica como la química y por cuestiones de tiempo, en un tema particular del currículo de la asignatura (el tema de *Minerales: ¿la clave de la civilización?*, del programa de Química III de la Escuela Nacional Preparatoria) a través del desarrollo de una secuencia didáctica basada en la enseñanza estratégica, que permita conseguir lo que de acuerdo con Izquierdo (2000) debería ser una clase de ciencias:

- Generadora de preguntas, y por ello vinculada a las ideas de los alumnos y a su propia visión del mundo.
- Estructuradora de conocimiento, y por ello encargada de enseñar a pensar sobre el mundo mediante modelos, para generar hechos científicos y teorías.
- Transformadora del mundo, y por ello conectada con las aplicaciones del conocimiento estructurado, que sólo así adquirirá sentido.
- Argumentadora, porque el conocimiento científico es, finalmente, conocimiento escrito, y gracias al lenguaje disponemos finalmente de representaciones del mundo que lo hacen “explicable” e inteligible.

Aquí es importante mencionar que todo lo anterior, queda en perfecta armonía con los propósitos establecidos en el *Programa de estudios de la asignatura de Química III*. Esta asignatura corresponde al curso introductorio de química del bachillerato y se imparte a toda la población en el quinto año de modo que en muchos casos constituye la última oportunidad de los alumnos para estudiar química. En este Programa se establece que los propósitos generales del curso son:

“Ayudar al alumno para que adquiriera una cultura científica que le permita desarrollar su capacidad de analizar la información de manera crítica; aplicar sus conocimientos; comunicarse de forma oral y escrita; así como desarrollar una conciencia crítica y responsable de las repercusiones de la ciencia y la tecnología en la vida actual”.

Que se complementan con lo establecido en el apartado 6. *Perfil del alumno egresado de la asignatura* donde dice que:

“La asignatura de Química III contribuye a la construcción del perfil del egresado al propiciar que el alumno:

- Adquiera el lenguaje básico de la química que le permita interpretar y analizar la información sobre la misma.
- Desarrolle su capacidad de observación, análisis y comprensión de los fundamentos de la química.
- Adquiera una cultura química que le permita decidir sobre bases razonadas el futuro de su vida y la del planeta.
- Desarrolle la habilidad de planear y realizar investigaciones básicas que lo conduzcan a la construcción del conocimiento y a la resolución de problemas en su entorno.”

Por otro lado, si es deseable preparación de los estudiantes en el nivel de educación básico en este país respecto a la alfabetización científica, habrá que poner atención a los resultados del estudio realizado en México de acuerdo con PISA en el 2006 (Díaz, *et al.*, 2007).

El Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (Programme for International Student Assessment, PISA), promovido y organizado por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) es un estudio comparativo y periódico en el que pueden participar los países miembros o no miembros (asociados) de la OCDE. El propósito principal de PISA es evaluar en qué medida los estudiantes de 15 años (incluyendo los estudiantes inscritos en el primer año de bachillerato) han adquirido conocimientos y habilidades esenciales para participar plenamente en la sociedad, y hasta qué punto son capaces de extrapolar lo aprendido para aplicarlo a situaciones novedosas, tanto del ámbito escolar como extraescolar.

Particularmente en el estudio de 2006, la competencia científica fue la principal área evaluada y se definió como:

“la capacidad de un individuo que posee conocimiento científico y lo usa para adquirir nuevos conocimientos, identificar temas científicos, explicar científicamente fenómenos y obtener conclusiones basadas en evidencias, con el fin de comprender y tomar decisiones relacionadas con el mundo natural y con los cambios producidos por la actividad humana.”

En el informe, se estableció que las competencias científicas básicas que deben presentar los estudiantes son:

- **Identificar temas científicos.** Esta capacidad se demuestra a partir del reconocimiento de temas susceptibles de ser investigados científicamente; de la identificación de términos clave para la búsqueda de información científica y del reconocimiento de características clave de la investigación científica.
- **Explicar científicamente fenómenos.** Esta capacidad se evalúa a través de la aplicación del conocimiento de la ciencia a una situación determinada; de la descripción o interpretación científica de fenómenos y la predicción de cambios; así como por la identificación de las descripciones, explicaciones y predicciones pertinentes.
- **Usar pruebas científicas.** Se evalúa la capacidad para interpretar pruebas científicas, elaborar y comunicar conclusiones; identificar los supuestos, las conjeturas, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones además de reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos.

De acuerdo con PISA, estas capacidades son esenciales por la importancia que guardan para una formación consistente en el campo de las ciencias y se seleccionaron por fundamentarse en la lógica, el razonamiento y el análisis crítico.

Sin embargo, los resultados del estudio en México no son muy agradables ya que revelaron deficiencias en las tres competencias evaluadas. Por ejemplo, nuestro país alcanzó el Nivel 2² (considerando un máximo de 6 niveles) en la media de desempeño para la competencia *Identificar temas científicos* (aunque tiene un 15% de estudiantes ubicados en el Nivel 0 y un 29% en el Nivel 1). En cuanto a la competencia *Explicar científicamente fenómenos*, México alcanza el promedio de

² En este Nivel 2, los estudiantes tienen la habilidad de determinar si una variable dada puede medirse científicamente en una investigación. Pueden reconocer la variable a ser manipulada por el investigador y también pueden apreciar la relación entre un modelo simple y el fenómeno que se está configurando. En temas de investigación, los estudiantes seleccionan apropiadamente las palabras clave para realizar búsquedas.

Nivel 1³ de desempeño. En la tercera competencia que es *Usar evidencia científica*, México alcanza en promedio el Nivel 1⁴ de desempeño.

Si bien no nos interesa el resultado comparativo con otros países que cuentan con otras condiciones sociales, políticas y económicas, lo cierto es que lo deseable sería alcanzar niveles mayores de desempeño, pues ello hablaría de estudiantes mejor alfabetizados científicamente. De aquí que este trabajo, busque también, contribuir al desarrollo de estas competencias en la medida en que las condiciones particulares del estudiante, de la institución y del profesor, lo permitan.

En breve, en la presente tesis se pretende:

1. Conocer la cantidad y calidad de conocimiento que tiene un grupo de alumnos de bachillerato sobre los temas de minerales y metales.
2. Diseñar actividades que faciliten la construcción de preguntas: que por un lado motiven y generen interés sobre el tema y además, brinden conocimientos básicos para construir preguntas.
3. Diseñar una secuencia didáctica que permita que los estudiantes desarrollen su competencia científica (Díaz, *et al.*, 2007), es decir, que usen su conocimiento científico para adquirir nuevos conocimientos, para explicar científicamente fenómenos y obtener conclusiones basadas en evidencias con el fin de comprender y tomar decisiones relacionadas con el mundo natural y con los cambios producidos por la actividad humana.

³ En el Nivel 1 los estudiantes pueden reconocer relaciones simples causa y efecto, dadas las indicaciones relevantes; además su conocimiento científico deriva de un hecho científico particular que deriva de una experiencia propia o del dominio público.

⁴ Las habilidades generales de los estudiantes que se ubican en este nivel abarcan el poder extraer información de una lista de hechos o de algún diagrama, en un contexto familiar. También la pueden extraer de una gráfica de barras donde el requerimiento es una simple comparación de las alturas de las barras. En contextos comunes, y en los que el estudiante tiene alguna experiencia, los estudiantes de este nivel pueden atribuir un efecto a una causa.

4. Incorporar actividades dentro de la secuencia didáctica, que permitan que la clase de ciencias sea: generadora de preguntas, estructuradora de conocimiento, transformadora del mundo y argumentadora (Izquierdo, 2000).
5. Aplicar la secuencia didáctica a un grupo de bachillerato y evaluar los resultados de un cambio en la forma de acercar a los estudiantes al conocimiento.

3. MARCO TEÓRICO

3. 1 La Enseñanza Estratégica

La finalidad de la enseñanza estratégica es estimular en los alumnos, además del aprendizaje significativo de los contenidos, el desarrollo de habilidades de pensamiento que los conviertan en aprendices autosuficientes. En otras palabras, la enseñanza estratégica busca formar aprendices estratégicos, entendidos como aquellos que pueden autorregular su propio proceso de aprendizaje, a partir de los diferentes tipos de conocimientos que dominan (Quesada, 2008).

Para comprender la importancia de formar aprendices estratégicos, y por ende, la pertinencia de la enseñanza estratégica, resulta necesario conocer los ejes teóricos que la sustentan, estos son: a) el aprendizaje significativo, b) el constructivismo, c) las estrategias de aprendizaje y d) la autorregulación. A continuación se hablará brevemente de cada uno de ellos.

3.1.1 Aprendizaje Significativo

En su Teoría del Aprendizaje Significativo, Ausubel postula que el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva y puede ser de dos tipos: por percepción y por descubrimiento (en la dimensión que se refiere al *modo en que se adquiere el descubrimiento*) y por repetición y significativo (en la dimensión relativa a la *forma en la que el conocimiento es subsecuentemente incorporado en la estructura de conocimientos*). La interacción de estas dimensiones se traducen en las situaciones de aprendizaje escolar: aprendizaje por recepción repetitiva, por descubrimiento repetitivo, por recepción significativa o por descubrimiento significativo (Díaz-Barriga, 2002). De éstos, el aprendizaje significativo es más importante y deseable que el repetitivo en lo que se refiere a situaciones académicas, ya que el primero posibilita la adquisición de grandes cuerpos de conocimientos integrados, coherentes, estables, que tienen sentido para los alumnos.

En síntesis, el aprendizaje significativo es aquel que conduce a la creación de estructuras de conocimiento mediante la relación sustantiva entre la nueva información y las ideas previas de los estudiantes (Díaz-Barriga, 2002).

En otras palabras, se dice que el aprendizaje es significativo cuando se encuentra en la memoria a largo plazo, integrado de manera significativa y no arbitraria a la estructura cognitiva y para que esto ocurra debe existir un contenido potencialmente significativo, tanto en su estructura interna (significatividad lógica) como en la posibilidad que tiene el alumno de asimilarlo (significatividad psicológica). La primera se atiende organizando el contenido de lo conocido a lo desconocido, de lo simple a lo complejo, mientras la segunda se da vigilando que la estructura cognoscitiva del alumno cuente con los elementos pertinentes, susceptibles de relacionar con el nuevo aprendizaje (Quesada, 2008).

Finalmente, lo que hay que aquí más interesa es que en el logro del aprendizaje significativo confluyen aspectos del alumno (conocimiento previo), del contenido (organización y relevancia) y del profesor, cuya responsabilidad consiste en facilitar las relaciones entre el conocimiento previo del alumno y el nuevo aprendizaje (Quesada, 2008).

3.1.2 Constructivismo

El constructivismo tiene como fundamento que el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico por medio del cual la información externa se interpreta por la mente, la cual construye progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos y potentes (Quesada, 2008). Respecto a este concepto, Mario Carretero (1993 en Díaz-Barriga, 2002, p. 27) argumenta ante la pregunta de *¿qué es el constructivismo?* que:

“Básicamente puede decirse que es la idea que mantiene que el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del

comportamiento como en los afectivos no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano. ¿Con qué instrumentos realiza la persona dicha construcción? Fundamentalmente con los esquemas que posee, es decir, con lo que ya construyó en su relación con el medio que le rodea.

Dicho proceso de construcción depende de dos aspectos fundamentales:

- De los conocimientos previos o representación que se tenga de la nueva información, o de la actividad o tarea a resolver
- De la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto.”

Dicho de otra manera, cuando el individuo aprende despliega una actividad mental consistente en construir significados, representaciones o modelos mentales de los contenidos a aprender, para lo cual resultan sustantivos los conocimientos previos que posee al momento de iniciar el aprendizaje.

Entonces, de acuerdo con Coll (1990 en Quesada, 2008), la concepción constructivista del aprendizaje y la enseñanza se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

1. *El alumno es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje. Es él quien construye el conocimiento y nadie puede sustituirle en esa tarea. Además, lo que es capaz de aprender depende tanto de su nivel de competencia cognoscitiva general, como de los conocimientos que ha podido construir en sus experiencias previas.*

2. *La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que ya poseen un grado considerable de elaboración, resultado de un proceso de construcción social.* Se dice que los alumnos construyen o reconstruyen objetos de conocimiento que ya están contruidos, aceptados como saberes y sistematizados en las disciplinas, porque elaboran significados o representaciones mentales personales de esos saberes, de acuerdo con el conocimiento previo que poseen.

Y finalmente, pero no al último:

3. *La función del profesor se orienta a crear condiciones para que el alumno despliegue una actividad mental constructiva, rica y diversa, llevándolo a que la construcción se acerque de forma progresiva a lo que significan y representan los contenidos como saberes culturales.* Su principal función es engarzar los procesos de construcción del alumno, con el saber colectivo culturalmente organizado.

3.1.3 Estrategias de aprendizaje

De acuerdo con Díaz-Barriga (2002, p. 234) son muchas y muy variadas las definiciones que se han propuesto para conceptualizar las estrategias de aprendizaje, sin embargo, todas ellas coinciden en algunos puntos:

- Son procedimientos o secuencias de acciones.
- Son actividades conscientes y voluntarias.
- Pueden incluir varias técnicas, operaciones o actividades específicas.
- Persiguen un propósito determinado: el aprendizaje y la solución de problemas académicos y/o aquellos otros aspectos vinculados con ellos.

- Son más que los “hábitos de estudio” porque se realizan flexiblemente.
- Pueden ser abiertas (públicas) o encubiertas (privadas).
- Son instrumentos con cuya ayuda se potencian las actividades de aprendizaje y solución de problemas.
- Son instrumentos socioculturales aprendidos en contextos de interacción con alguien que sabe más.

Por lo tanto, una definición más formal podría ser: “Las estrategias de aprendizaje son procedimientos (conjuntos de pasos, operaciones o habilidades) que un aprendiz emplea en forma consciente, controlada e intencional como instrumentos flexibles para aprender significativamente y solucionar problemas” (Díaz-Barriga, 2002, p. 234). En palabras más simples, Gagné (en Quesada, 2008) define las estrategias cognitivas como “las destrezas de manejo de sí mismo que el aprendiz adquiere durante un periodo de varios años, para gobernar su propio proceso de atender, aprender y pensar”. Además, para Monereo (1997 en Quesada, 2008) se trata de “procesos de toma de decisiones (conscientes e intencionales) en los cuales el alumno elige y recupera de manera coordinada los conocimientos que necesita para cumplimentar una determinada demanda u objetivo, dependiendo de las características de la situación educativa en que se produce la acción”.

Cabe señalar que tanto en el aprendizaje significativo como en los postulados constructivistas queda evidenciada la pertinencia y trascendencia de los procedimientos y estrategias para alcanzar un nuevo conocimiento, y ello impulsó el diseño de investigaciones y programas de formación de aprendices expertos y aprendices estratégicos (Quesada, 2008).

De acuerdo con Quesada (2008, pág.17), los programas de formación se han organizado bajo dos enfoques:

1. El *enfoque directo o instrucción adjunta*, que consiste en programas en los cuales se enseñan estrategias o habilidades separadas del contenido, es decir, las estrategias que se desarrollan no se transfieren al trabajo cotidiano de aprendizaje.
2. El *enfoque de infusión o metacurrículo*, en donde el profesor utiliza las estrategias del aula según el desarrollo de su propio trabajo y con un contenido específico del currículo. En este, el profesor tiene que cambiar su actitud docente para presentar el contenido de estudio en la forma que mejor conviene a su aprendizaje, desarrollando en los alumnos los procedimientos de aprendizaje en forma simultánea al conocimiento del contenido. Se le conoce como *enseñanza estratégica*.

3.1.4 Metacognición y Autorregulación

El concepto de metacognición tiene distintas acepciones, pero de acuerdo con Sanmartí (2002), una de las posibles definiciones se relaciona con la capacidad de las personas para:

- Tomar conciencia de las actividades cognitivas que realiza y de sus resultados (tanto de su forma de razonar como de las ideas que genera, de los procedimientos que aplica o de sus emociones)
- Emitir juicios sobre la bondad de dichos razonamientos, ideas, procesos y/o resultados, y sobre las posibles causas de las incoherencias o no idoneidad.
- Tomar decisiones para modificar dicha actividad mental, su producto o la misma situación que la ha suscitado.

Esta concepción de metacognición, que algunos llaman *metacognición reguladora*, pone el acento precisamente en la *autorregulación*.

En otras palabras, todo aquello que hacemos de manera consciente para dirigirnos al logro de un propósito implica un proceso interno llamado *autorregulación* (Trianes, 1996 en Quesada, 2008). En el caso del aprendizaje, la *autorregulación del aprendizaje* es la responsabilidad del alumno para planear, controlar y evaluar su propia ejecución (Mauri, 1997 en Quesada, 2008). Pero además, la autorregulación del aprendizaje implica no sólo el dominio de capacidades cognoscitivas y afectivas (saber qué es aprender, planificar, valorarse como alumno competente) sino también el dominio de estrategias sociales y de comunicación (como pedir ayuda y saber hacerlo) (Sanmartí, 2002; Díaz-Barriga y Hernández, 2002).

Considerando lo anterior, se puede decir que la autorregulación del aprendizaje escolar incide precisamente en la “libertad” que el estudiante tiene ante cualquier tarea, de escoger si participa, qué métodos sigue, cuánto tiempo dedicará a la tarea, qué grado de competencia busca, en dónde aprenderá y con quién (Quesada, 2008). Desde luego que alcanzar esta autorregulación no es algo fácil e inherente al alumno: se aprende con el tiempo y sobre todo con la dirección del profesor en las primeras etapas, sin embargo, la autorregulación del aprendizaje es una meta a alcanzar dentro de la enseñanza.

A manera de resumen:

El modelo de enseñanza estratégica es una de las propuestas que surgen del aprendizaje significativo, del constructivismo, de la investigación en torno a las estrategias de aprendizaje y de la autorregulación, y de acuerdo con Quesada (2008, pág. 18) se caracteriza por:

1. Ser indicativa no prescriptiva, ya que se trata de una opción que se construye y reformula de manera permanente.
2. Presentarse de manera general para ser particularizada en cada una de las disciplinas. Su aplicación implica seguir las recomendaciones dentro de las

circunstancias de la asignatura particular y enriquecer la parte correspondiente a los procedimientos de aprendizaje.

3. Corresponder a un enfoque de infusión o metacurrículo.
4. Fundamentarse en los principios del aprendizaje significativo, del constructivismo y del aprendizaje estratégico.
5. Contemplar dos grandes momentos de la actuación del docente: la planeación de la enseñanza y la ejecución o impartición de la misma.

Considerando estas características, la enseñanza estratégica propone que los alumnos dominen el aprendizaje (producto) pretendido, así como el proceso para llegar a él. Pretende que se aprenda la disciplina (contenidos declarativos y procedimentales) y las habilidades o procedimientos de aprendizaje adecuados para formar aprendices autosuficientes (Quesada, 2008).

Para finalizar, es necesario mencionar un aspecto importante en el contexto de la enseñanza estratégica: el profesor. De acuerdo con Monereo (1990 en Quesada, 2008) las características del profesor estratégico son la conciencia, la intencionalidad y la regulación de la actividad. El profesor estratégico es un profesional que posee unas habilidades regulatorias que le permiten planificar, supervisar y evaluar sus procedimientos cognoscitivos tanto en el momento de aprender los contenidos que ha de enseñar, como cuando negocia con los estudiantes los significados del contenido en el momento de enseñar.

Las funciones docentes y el empleo de procedimientos de enseñanza adecuados para la instrucción son los ejes conductores para favorecer la impartición de clase y el aprendizaje significativo.

Para la realización de la secuencia didáctica basada en la enseñanza estratégica, se considerará un conjunto de estrategias de enseñanza-aprendizaje. Dentro de éstas, las más importantes son las siguientes:

1. La **visita a museos** como estrategia de introducción y motivación al tema, para resaltar la importancia de la educación no formal.
2. El **Aprendizaje Basado en Problemas** (ABP) de acuerdo con la definición de *problema* de Toulmin como estrategia didáctica integral en la que los estudiantes podrán trabajar con actividades experimentales, investigaciones documentales y de campo, entrevistas, etc. con el propósito de formular y responder un problema.
3. La **argumentación** con base en el modelo argumentativo de Toulmin.

El fundamento teórico que sustenta la elección de cada una de estas estrategias se describe a continuación.

3.2 La educación formal y la visita a museos.

El concepto de educación se ha definido en diversas formas a lo largo de la historia de la humanidad. Etimológicamente “educación” proviene fonética y morfológicamente de *educare* (conducir, guiar, orientar); pero semánticamente recoge la versión de *educere* (hacer salir, extraer, dar a luz) (Martínez, 2001).

La educación es una acción compleja y heterogénea, ya que presenta una considerable diversidad de procesos, agentes o instituciones. Dependiendo del criterio empleado, es posible tener distintos “tipos” de educación:

- Los que hacen referencia a la persona a la cual se educa: educación infantil, educación para adultos, etc.
- Los que implican una particularidad que precise un tratamiento educativo específico: educación especial, educación para invidentes, etc.
- Los que hacen referencia a la personalidad del individuo que se está educando: educación moral, educación física, etc.
- Los referentes al contenido de la propia educación: científica, literaria, musical, etc.

Pero independientemente del tipo de educación a la que nos refiramos, y dado que hoy en día se comprende que el aprendizaje no termina nunca, han surgido nuevos términos para abordar otras formas de hacer llegar nuevos conocimientos; de este modo, podemos tener la educación formal, no formal e informal.

La educación formal es la que se realiza dentro de un espacio físico determinado e institucionalizado llamado escuela; el alumno cumple la función de aprender y el docente de “enseñar”. Estos dos procesos (enseñanza y aprendizaje) son fundamentales para entender el hecho educativo. Aunque también cohabitan junto a ellos el objeto de estudio (lo que se enseña) materializado en el currículo (en el sentido de los objetivos y contenidos a enseñar), los medios y recursos didácticos de los que el profesor se vale para alcanzar sus propósitos (Martínez, 2001). En otras palabras, la educación formal es aquella que concluye con la obtención de grados o posgrados reconocidos y otorgados según las leyes educativas promulgadas por los Estados, desde los diplomas de enseñanza primaria o básica hasta la titulación de doctor (Colom, 2005).

Por su parte, la educación no formal es la que ocurre fuera de ese sistema escolar pero que contribuye al desarrollo del individuo en ámbitos sociales, laborales, culturales o incluso académicos. Es el conjunto de procesos, medios e instituciones, específica y diferencialmente diseñados en función de explícitos objetivos de formación o de instrucción, que no están directamente dirigidos a la provisión de los grados propios del sistema educativo (Sarramona 1992, en Sánchez, 2002).

A diferencia de las anteriores, la educación informal es en la que las consecuencias educativas no fueron elaboradas específicamente con fines educativos, en otras palabras es la educación que se vive de manera inconsciente, en la vida cotidiana. Es la educación que el individuo recibe sin depender para nada de ninguna opción o características educativo-pedagógica: es una educación etérea, con influencias desconocidas pero que el propio ambiente, el vivir

cotidiano, el contacto con la gente, o el desarrollo de actividades que nada tienen que ver con la educación, aportan sin embargo, procesos de aprendizaje útiles para desarrollar con mayor eficacia nuestra vida (Colom, 2005).

Pero la que nos interesa abordar de manera particular en este trabajo (además de la formal que es inherente a la tesis) es la educación informal pues es ésta el tipo de educación que se presenta en la situación educativa propia de los museos pues hay que entender que un museo no es un aula más, ni un laboratorio escolar. Es algo diferente. Si cualquier situación educativa debiera ser atractiva para el alumno, la situación educativa que se induce en un museo lo debe ser en mucha mayor medida. Al no existir una "autoridad" que regule y evalúe la eficacia del proceso educativo, en un museo es el propio visitante quien debe actuar como tal. De ahí la necesidad de lograr una relación "atractiva", divertida en el sentido más noble del término, con el espacio educativo (con el museo en este caso).

Pero, ¿cómo se aprende visitando un museo? Diremos entonces que los museos son lugares que ofrecen oportunidades de aprender informalmente. La gente aprende mirando a su alrededor, haciendo sus propias valoraciones y elecciones de lo que quieren considerar en mayor o menor profundidad, aprenden observando, describiendo, hablando de lo que ven, leyendo etiquetas y relacionando las cosas que se exhiben con su propia vida. Al hacerlo, construyen su propio significado de los objetos.

Sin embargo, para que un museo cumpla adecuadamente su función, deben definirse los objetivos que se pretenden lograr de la visita al museo. Es aquí donde la colaboración con el sistema educativo formal se hace deseable, es decir, se abre la necesidad de establecer y dirigir dentro de la educación formal (en el aula) el propósito de la visita y homogeneizar de alguna manera los conocimientos previos que el público visitante deberá tener para el óptimo aprovechamiento de dicha visita (Guisasola *et al*, 2007; Guisasola y Moretin, 2007; Guisasola *et al*, 2005; Sánchez, 2002).

Pero como en términos generales, no todos los visitantes de un museo llevan el mismo bagaje cultural o tienen los mismos intereses, para que un museo cumpla adecuadamente su función deben definirse los objetivos que se pretenden lograr de la visita al museo. En otras palabras, se hace necesario que desde la perspectiva de la educación formal –la escuela-, el profesor diseñe actividades de aprendizaje y evite una visita desorganizada o agotadora a todo el museo. Así, “en esta forma de abordar el museo, los estudiantes pueden aprovechar tanto las exposiciones permanentes o temporales [los equipos interactivos y los recursos didácticos] para aumentar la eficacia de los métodos de aprendizaje que habitualmente se aplican a los programas educativos formales, de manera que en este sentido, el museo puede convertirse en un instrumento de aprendizaje” (Sánchez 2002, p. 55). Todo dependerá de lo que ofrezca el propio museo y de las habilidades del profesor para aprovecharlo.

Para ello, en la bibliografía relacionada a visitas escolares (EDUTEKA, 2003) se ha encontrado que existen una serie de objetivos que han de tomarse en cuenta para hacer el diseño de tales actividades. Algunos de los más importantes y que se han de procurar alcanzar, son los siguientes:

- *Educativo*. A través de las actividades el estudiante amplía sus conocimientos y obtiene una actitud nueva que le permite "Aprender a Aprender" y "Aprender a Ser".
- *Activo*. El protagonista es el estudiante, no el docente.
- *Lúdico*. Que genere gusto y deleite y no se convierta en una clase más.
- *Integrador*. De varias disciplinas como artes plásticas, español, ciencias sociales y naturales, etc.
- *Motivador*. Que el estudiante pueda desarrollar su capacidad creativa y sus propias alternativas para enfrentar los problemas.
- *Sensibilizador*. Al tener una mayor apertura a otras realidades.
- *Estético*. Al reconocer los valores estéticos del Museo destacando su importancia en la conformación de la identidad nacional y regional.

- *Socializador*. Se desarrolla como actividad de grupo resaltando las habilidades y destrezas individuales para dar cabida a un esquema de apertura a la sana competitividad.

Tomando en cuenta estos objetivos hay que considerar el diseño de los materiales, para esto, hay que recordar lo que Guisasola (2005) establece sobre los Materiales Centrados en el Aprendizaje (MCA). Él establece que los materiales didácticos centrados en un contexto de aprendizaje Escuela-Museo pretenden incorporar las propias preguntas de los estudiantes o el 'área de investigación' analizado previamente en el aula (Materiales para antes de la visita), asegurando que los estudiantes tienen un apreciable control de la información que suministra el Museo dentro de los parámetros decididos previamente (Materiales durante la visita) y fomentando el análisis crítico de las conclusiones de la visita y la aplicación de ideas a nuevas situaciones (Materiales para después de la visita).

Los MCA están orientados por tres principios:

- Integrar el aprendizaje en la escuela y en el museo;
- Orientar a los estudiantes hacia el desarrollo y contrastación de sus propias ideas;
- Facilitar estrategias apropiadas para el contexto del Museo

De este modo, el primer principio para crear condiciones eficaces de aprendizaje es que la visita al museo se integre dentro del programa de la asignatura que se está estudiando durante el curso.

3.3 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia de aprendizaje

Las estrategias de aprendizaje son procedimientos (conjuntos de pasos, operaciones o habilidades) que el aprendiz emplea en forma consciente, controlada e intencional para aprender significativamente (Díaz Barriga y

Hernández, 2000). Los cuatro factores que intervienen en las estrategias de aprendizaje son los siguientes (Brown, 1982, en Mazón y Gatica):

- a) Habilidades (conocimientos, actitudes, etc.)
- b) Estrategias de aprendizaje (atención, repaso, elaboración, etc.)
- c) Demandas y criterios de las tareas (reconocimiento, recuerdo, transferencia, solución de problemas, etc.)
- d) Naturaleza de los materiales (modalidad, estructura física y psicológica, dificultad conceptual, secuenciación de materiales, etc.)

Con este concepto, es posible decir que el aprendizaje basado en problemas es una estrategia integral pues utiliza en sí mismo diversas estrategias de aprendizaje. Entendemos por ABP un proceso multidimensional en el que operan aspectos cognitivos pero también emocionales, culturales y sociales que ha ido sustituyendo el interés inicial por la resolución de problemas tipo mecanizados, por problemas reales, interdisciplinarios, profesionales, con múltiples soluciones y/o estrategias diversas de resolución (Couso *et al*, 2008). La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas para lograr el aprendizaje de los estudiantes.

3.3.1 El ABP: caracterización

Como ya se ha dicho, es una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resultan importantes, en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) un grupo pequeño de alumnos se reúne, con la facilitación de un tutor, a analizar y resolver un problema. Durante el proceso de interacción de los alumnos para entender y resolver el problema se pretende lograr, además del aprendizaje del conocimiento

propio de la materia, que puedan elaborar un diagnóstico de sus propias necesidades de aprendizaje, que comprendan la importancia de trabajar colaborativamente, que desarrollen habilidades de análisis y síntesis de información, además de comprometerse con su proceso de aprendizaje.

El ABP se sustenta en diferentes corrientes teóricas sobre el aprendizaje humano pero tiene particular presencia la postura constructivista. De acuerdo con esta postura en el ABP se siguen tres aspectos básicos:

1. El entendimiento con respecto a una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente.
2. El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación estimula el aprendizaje.
3. El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno.

El ABP incluye el desarrollo del pensamiento crítico en el mismo proceso de enseñanza - aprendizaje, no lo incorpora como algo adicional sino que es parte del mismo proceso de interacción para aprender. La estructura y el proceso de solución al problema están siempre abiertos, lo cual motiva a un aprendizaje consciente y al trabajo de grupo sistemático en una experiencia colaborativa de aprendizaje.

En la siguiente tabla se señalan algunas diferencias importantes entre el proceso de aprendizaje tradicional⁵, y el proceso de aprendizaje en el ABP:

⁵ Cabe mencionar que la *enseñanza tradicional*, de acuerdo con Belenguer y González (1988, p. 135) no es sino "un bastión preservador del mundo envolvente, en el que el maestro, a modo de abad monacal, es modelo y guía que impone recompensas y castigos La enseñanza tradicional, en definitiva, no es sino el camino hacia los modelos de la mano del maestro, que simplifica, prepara, organiza, ordena; el niño, por su parte como expresa Château, asimila mejor la comida pre-digerida que el pesado alimento de lo real."

En un proceso de aprendizaje tradicional:	En un proceso de Aprendizaje Basado en Problemas:
El profesor asume el rol de experto o autoridad formal.	Los profesores tienen el rol de facilitador, tutor, guía, co-aprendiz, mentor o asesor.
Los profesores transmiten la información a los alumnos.	Los alumnos toman la responsabilidad de aprender y crear alianzas entre alumno y profesor.
Los profesores organizan el contenido en exposiciones de acuerdo a su disciplina.	Los profesores diseñan su curso basado en problemas abiertos. Los profesores incrementan la motivación de los estudiantes presentando problemas reales.
Los alumnos son vistos como “recipientes vacíos” o receptores pasivos de información.	Los profesores buscan mejorar la iniciativa de los alumnos y motivarlos. Los alumnos son vistos como sujetos que pueden aprender por cuenta propia.
Las exposiciones del profesor son basadas en comunicación unidireccional; la información es transmitida a un grupo de alumnos.	Los alumnos trabajan en equipos para resolver problemas, adquieren y aplican el conocimiento en una variedad de contextos. Los alumnos localizan recursos y los profesores los guían en este proceso.
Los alumnos trabajan por separado.	Los alumnos conformados en pequeños grupos interactúan con los profesores quienes les ofrecen retroalimentación.
Los alumnos absorben, transcriben, memorizan y repiten la información para actividades específicas como pruebas o exámenes.	Los alumnos participan activamente en la resolución del problema, identifican necesidades de aprendizaje, investigan, aprenden, aplican y resuelven problemas.
El aprendizaje es individual y de competencia.	Los alumnos experimentan el aprendizaje en un ambiente cooperativo.
Los alumnos buscan la “respuesta correcta” para tener éxito en un examen.	Los profesores evitan solo una “respuesta correcta” y ayudan a los alumnos a armar sus preguntas, formular problemas, explorar alternativas y tomar decisiones efectivas.
La evaluación es sumatoria y el profesor es el único evaluador	Los estudiantes evalúan su propio proceso así como los demás miembros del equipo y de todo el grupo. Además el profesor implementa una evaluación integral, en la que es importante tanto el proceso como el resultado.

Tabla 3.1. Diferencias entre el proceso de aprendizaje tradicional y el aprendizaje a través del ABP (Tomado y traducido de: Samford, 2008)

Sin embargo, a pesar de que la estrategia del ABP tiene muchas ventajas respecto a la enseñanza tradicional, también es cierto que presenta diversas dificultades para su aplicación en el aula. Algunos autores (Egido, *et al.*, 2006; Restrepo, 2005; Valero, 2007) coinciden en que, en términos generales, los puntos débiles del ABP son:

- Requiere grupos de trabajo poco numerosos para el mayor control de las investigaciones de los diferentes equipos.
- Precisa de un aumento en las habilidades para el manejo de recursos informáticos y bibliográficos.
- Requiere mucho tiempo y dedicación, tanto de alumnos como de profesores, sobre todo en las etapas iniciales del proceso.
- Al partir del planteamiento de problemas reales, el ABP presupone indirectamente que éstos tienen una cierta estabilidad en el tiempo o que las capacidades adquiridas al resolverlos podrán transferirse a situaciones futuras. Sin embargo, es difícil garantizar que la solución de un problema actual servirá para la solución de uno futuro.
- Tanto los profesores como los alumnos pueden mostrar dificultades para trabajar en equipo: en el primer caso supone instrucciones contradictorias mientras que en el segundo, los alumnos se inhiben del trabajo al no tener un control directo por parte del profesor.
- Se requiere de un cambio en la mentalidad, cultura y preparación pedagógica del docente. El ABP supone un cambio de rol del profesor y un desarrollo de otras habilidades que requieren de conocimiento, paciencia y voluntad.
- El ABP exige la asistencia continua y el trabajo real de todos los alumnos, lo que no siempre se consigue.
- Incluso cuando los alumnos asisten a todas las sesiones de trabajo, el ABP presenta dificultades para realizar un control individualizado de los estudiantes y especialmente para identificar con claridad las aportaciones de los diferentes miembros de los grupos.

- Los alumnos adolecen de conocimientos previos y no están habituados a este sistema de trabajo, por lo que en las fases iniciales pueden tener una sensación de desconcierto, inseguridad y ansiedad ante la actividad, que si no se controlan adecuadamente por el profesor, pueden llevar al desinterés y posterior fracaso del proyecto.

Finalmente, es muy importante señalar que muchas de estas dificultades serán menos graves en la medida en que se tenga en cuenta que el ABP está pensado como un sistema de trabajo y que requiere de aprender tanto de contenidos como de maneras de trabajar.

3.3.2 Definición de problema

Ahora bien, si la estrategia propuesta es el Aprendizaje Basado en Problemas, es necesario establecer la definición de lo que es un *problema*. En este sentido, conviene decir que varios autores han esbozado diferentes definiciones de lo que es un problema, por ejemplo:

- Newell y Simon (1972, en Irazoque, 2005) definen *problema* como una situación en la cual un individuo desea hacer algo, pero desconoce el curso de la acción necesaria para lograr lo que quiere.
- Chi y Glaser (1983, en Irazoque, 2005) observan un *problema* como una situación en la cual un individuo actúa con el propósito de alcanzar una meta utilizando para ello alguna estrategia en particular.
- A Caballer y Oñobre (1997, en Irazoque, 2005) les parece que la definición de Bunge es la más amplia: *Un problema es toda dificultad que no puede superarse automáticamente sino que requiere la puesta en marcha de actividades orientadas hacia su resolución.*
- Córdova (2005) dice que un *problema* es un obstáculo, *algo que detiene la marcha normal de la inteligencia, obliga a detenerse y a considerar cómo eliminar (o rodear) el obstáculo.*

A pesar de las múltiples definiciones, notamos que hay algo en común: la novedad de la situación y el interés por resolverla. Estos dos factores también se aplican dentro del ámbito del aula de ciencias, ya que lo que constituye un problema de ciencia escolar es aquello que lleve a un intento de resolución por parte del alumno y en donde se pongan en marcha sus conocimientos conceptuales y procedimentales (Couso, *et al.*, 2008). Las condiciones que deben cumplirse para que exista un problema son:

- a) una pregunta o cuestión, es decir, algo que no se sabe, algo por resolver
- b) deseo, motivación, interés en la resolución
- c) un reto, de forma que la estrategia de solución no resulte evidente

Como se puede ver, resolver problemas como estrategia de aprendizaje implica repensar los problemas como *problemas para aprender*, es decir, problemas auténticos con preguntas auténticas que sean relevantes para los alumnos en el contexto del aprendizaje de ciencias.

Pero, *¿qué es lo que caracteriza a un problema para aprender?* Para contestar esta pregunta, habrá que mirar la propuesta de Stephen Toulmin desde la filosofía.

3.3.3 Stephen Toulmin: su definición de problema

Stephen Edelston Toulmin (1922-2009), nacido en Londres pero naturalizado norteamericano, era un físico y matemático, doctorado en ética por la Universidad de Cambridge. Fue discípulo de Wittgenstein a quien, en 1973, rinde homenaje junto con Allan Janik en la obra: *Wittgenstein's Viena*. Durante mucho tiempo fue profesor en universidades tanto británicas como norteamericanas y dentro de sus múltiples publicaciones se encuentran: *The Uses of Argument* (1958), *Philosophy of Science* (1953), *Foresight and Understanding* (1960), *The Discovery of Time* (1965), *Human Understanding: The Collective Use and Evolution of Concepts* (1972), *Knowing and Acting* (1976), *Physical Reality: Philosophical Essays on 20th*

Century Physics (1970), *Cosmopolis: The Hidden Agenda of Modernity* (1990), *The Abuse of Casuistry: A History of Moral Reasoning* (en co-autoría con Albert R. Jonsen; 1990), and *Return to Reason* (2001).⁶

Para definir muy brevemente la importancia del legado de Toulmin, vienen al caso las palabras de Roy Pea, profesor en enseñanza de las ciencias y director del *Stanford Center for Innovations in Learning* en la Universidad de Stanford: “La contribución esencial de Stephen fue regresar a la filosofía de las abstracciones de la razón y de la lógica –el mundo de Platón y Descartes- a la condición humana [...] Él argumentaba que si queremos comprender las cuestiones de ética, ciencia y lógica tenemos que indagar en las situaciones cotidianas en las que se presentan” (Grimes, 2009, p. 1).

Respecto a la filosofía de la ciencia, fue Stephen Toulmin quien tuvo el mérito de introducir una epistemología seriamente inspirada por una evolución histórica (Doncel, 1983). Toulmin propone el concepto de *ecología intelectual* pues considera que las teorías científicas evolucionan por presión selectiva de las poblaciones conceptuales, y establece una analogía entre la evolución biológica y la construcción del conocimiento científico. De este modo, las ideas científicas constituyen poblaciones conceptuales en desarrollo histórico y las teorías científicas cambiarían por evolución selectiva de las poblaciones conceptuales: partiendo de los *problemas* no resueltos se producirían unas exigencias intelectuales o unas prácticas específicas, una presión selectiva sobre las poblaciones conceptuales y, finalmente, se llegaría a un desarrollo por innovación y selección (Mellado y Carracedo, 1993).

La perspectiva evolucionista de Toulmin, análoga a la teoría de la evolución de las especies propuesta por Darwin, se formula con el fin de construir una explicación evolutiva que dé cuenta de las transformaciones progresivas de las poblaciones conceptuales. El modelo Darwinista tomado por Toulmin, es un ejemplo de una forma más general de explicación histórica y por tanto este esquema puede ser

⁶ Dos de los libros más importantes son: *Los usos de la argumentación* y *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, que son los textos en los cuales se basa el presente trabajo.

aplicable a entidades y poblaciones históricas de otro tipo: las relaciones establecidas por Darwin en cuanto a poblaciones de especies, es extendida al estudio del cambio conceptual.

De acuerdo con Toulmin, dichas relaciones se basan principalmente en “ i) los patrones históricos de largo alcance del cambio conceptual; ii) las actividades cotidianas de los usuarios de conceptos, y iii) las condiciones permanentes de las que las decisiones inmediatas de los usuarios de conceptos dependen para sus efectos a largo plazo” (Toulmin, 1977, p. 149).

Las relaciones establecidas, producto de la acción combinada de los variantes y los procesos de selección crítica, traen consigo la aparición de nuevas especies o nuevos cambios conceptuales; si bien, las disciplinas intelectuales se modifican o son mutables, presentan continuidad a lo largo de la historia: “Una explicación evolutiva del desarrollo intelectual, por consiguiente, tiene que explicar dos caracteres por separado: por un lado, la coherencia y continuidad por la que identificamos las disciplinas como distintas y, por el otro lado, los profundos cambios a largo plazo por los que se transforma o son superadas” (Toulmin, 1977, p. 149). Además, estas continuidades y cambios suponen el mismo proceso dual: “La continua emergencia de innovaciones intelectuales se equilibra así con un continuo proceso de selección crítica. Algunas variantes conceptuales son elegidas para su incorporación y otras son descartadas o ignoradas” (Toulmin, 1977, p. 150), dependiendo de determinadas condiciones pues “deben existir adecuados <foros de competencia> dentro de los cuales las novedades intelectuales puedan sobrevivir durante un tiempo suficiente para mostrar sus méritos o sus defectos, pero en el cual también son criticadas y escudriñadas con suficiente severidad como para mantener la coherencia de la disciplina” (Toulmin, 1977, p. 150). Esto es, “en toda situación problemática, el proceso de selección disciplinaria exige para su <acreditación> aquellas de las novedades <en competencia> que mejor satisfacen las <exigencias> específicas del <medio intelectual> local. Estas <exigencias> comprenden los problemas inmediatos que

cada variante conceptual está destinada a abordar y también los otros conceptos atrincherados con los que debe coexistir” (Toulmin, 1977, p. 150).

En otras palabras, la continuidad de una disciplina está relacionada con los problemas con los que cada generación se tuvo que enfrentar. De este modo, Toulmin considera que el conocimiento científico evoluciona a partir de la resolución de problemas: “La unidad de las disciplinas intelectuales, en las que siempre se consideran no sólo los conceptos sino también las personas que los conciben, se debe a las ambiciones intelectuales del grupo que trabaja en ellas y les da forma. En pocas palabras, la unidad de una disciplina intelectual refleja la continuidad impuesta a los problemas que aborda” (Chamizo, 2007, p. 140).

De este modo, para Toulmin, “la tarea de la ciencia consiste en mejorar nuestras ideas sobre el mundo natural paso a paso, identificando ámbitos de problemas en los que puede hacerse algo para disminuir el abismo entre las posibilidades de nuestros conceptos corrientes y nuestros ideales intelectuales razonables” (Toulmin, 1977, p. 160). Entonces, los problemas surgen “cuando nuestras ideas sobre el mundo están en conflicto con la naturaleza o entre sí, esto es, cuando nuestras ideas corrientes quedan atrás, en algunos aspectos remediabiles, de nuestros ideales intelectuales” (Toulmin, 1977, p. 160). Esto es:

Problemas = ideales explicativos – capacidades corrientes

Esto significa que “los científicos ubican y especifican los inconvenientes de sus conceptos corrientes reconociendo la distancia entre su capacidad común para <explicar> los caracteres importantes del mundo natural y las ambiciones explicativas definidas por sus ideales corrientes de orden natural o modelos de inteligibilidad completa” (Toulmin, 1977, p. 162).

Las diferencias establecidas entre la capacidad común de explicar los fenómenos naturales y los ideales explicativos, pone de manifiesto los inconvenientes de los

conceptos actuales de una disciplina científica. Toulmin sintetiza todo lo anterior con la siguiente relación: “la transformación histórica por la cual evoluciona el contenido de una disciplina científica, sólo es inteligible en términos de las ambiciones explicativas corrientes del correspondiente gremio profesional” (Toulmin, 1977, p. 163). Ahora bien, estos ideales intelectuales de las disciplinas científicas están relacionados con los procedimientos explicativos, conceptos y problemas teóricos, con miras al refinamiento y clarificación de dichos ideales. Esta actividad de refinamiento, muestra la importancia de un análisis del uso racional de los conceptos en las disciplinas científicas.

Los conceptos científicos son transmitidos, legados y aprendidos de una generación a otra, mediante un proceso de *enculturación*; la nueva generación de científicos reciben el repertorio de técnicas, procedimientos, habilidades intelectuales y métodos de representación que son utilizados en la explicación de fenómenos propios de cada disciplina. Según Toulmin, desde esta perspectiva es necesario considerar tres aspectos en el uso de los conceptos:

I) El lenguaje.

II) Las técnicas de representación.

III) Los procedimientos de aplicación de las ciencias.

El lenguaje se refiere a los conceptos propios de cada ciencia, los conceptos útiles para cada teoría, conceptos específicos de acuerdo a los ideales explicativos de cada comunidad científica. El autor se refiere a las técnicas de representación, como la posibilidad de modelar los fenómenos por cada una de las empresas intelectuales; “Toulmin opta por los modelos como el lazo entre el mundo y las leyes de la ciencia en una postura que algunos podrían identificar como instrumentalista” (Chamizo, 2007, p. 140). El último aspecto, se refiere a los procedimientos y técnicas propias de cada ciencia: “los procedimientos y técnicas de una disciplina científica son los que forman sus aspectos comunales -y

aprendibles- y por ende, los que definen el conjunto representativo de conceptos que constituyen la transmisión colectiva de la ciencia”.(Toulmin, 1977, p. 168). Este último aspecto es muy importante pues “comprende el reconocimiento de situaciones a las que son apropiadas estas actividades simbólicas, el entorno” (Chamizo, 2007, p. 141).

Ahora bien, Toulmin identifica cinco tipos de problemas conceptuales comúnmente encontrados en las ciencias (1977, p. 185):

1. “La extensión de nuestros procedimientos explicativos actuales a nuevos fenómenos”. Siempre hay ciertos fenómenos naturales que es razonable suponer que se van a poder explicar, pero para los que todavía no se dispone de procedimiento para hacerlo.
2. “El mejoramiento de las técnicas para abordar fenómenos conocidos”. Los fenómenos siempre se explican sólo hasta cierto punto pero no de manera totalmente satisfactoria hasta que no se cuenta con el conocimiento suficiente para hacerlo.
3. “La integración intradisciplinaria de las técnicas dentro de una misma ciencia”. Comprenden los problemas que se plantean cuando se considera la relevancia mutua de los diferentes conceptos que coexisten dentro de la misma rama de la ciencia.
4. “La integración inter-disciplinaria de técnicas de ciencias vecinas”. Algunas veces, conceptos de una disciplina se relacionan, amplían su significado y pueden ser aplicados con éxito a otra disciplina.
5. “La resolución de los conflictos entre ideas científicas y extracientíficas” Estos problemas surgen como consecuencia de los conflictos entre los conceptos y los procedimientos de los científicos y las ideas y las actitudes de las personas en general.

Estas ideas de Toulmin sobre la filosofía y evolución de la ciencia resultan muy adecuadas para la didáctica de las ciencias, no sólo porque los problemas y su resolución tienen una larga tradición en la enseñanza de las ciencias (Chamizo, 2007) sino también porque la elección de un buen *problema* puede ayudar al aprendizaje de las ciencias, haciendo evolucionar el conocimiento del alumno (Couso *et al.*, 2008; Mellado y Carracedo, 1993).

Ahora bien, para que un problema sea para aprender, es necesario que coloque al alumno en la frontera entre lo que sabe y lo que ha de aprender, de manera que el esfuerzo por resolver la nueva situación que se le plantea contribuya a hacer emerger el nuevo conocimiento que se está trabajando en clase. Así, los conocimientos del alumno cambian como consecuencia de haber resuelto el problema, de la misma manera que, según Toulmin, las disciplinas cambian a medida que resuelven los problemas que presentan (Couso *et al.*, 2008; Chamizo e Izquierdo, 2005a, b).

Sin embargo, como los problemas que se plantean en la clase de ciencias (de química en particular) son para aprender ciencia, para hacer ciencia y sobre ciencia, éstos han de poder resolverse con la máxima autonomía posible por los alumnos. Por lo tanto, será necesario enseñar explícitamente estrategias de resolución de problemas que incluyan el análisis cualitativo y múltiples representaciones, así como el desarrollo de estrategias de lectura y escritura, y de metacognición: “los estudiantes deben describir la forma en que van a resolver determinados problemas para, así, desarrollar tanto su capacidad de resolución de problemas como la comprensión conceptual de los mismos” (Couso *et al.*, 2008, p. 76).

3.3.4 Una herramienta para la resolución de problemas: El Diagrama Heurístico

En términos generales podemos decir que un problema surge a partir de una pregunta; por ello, aprender a preguntar es imprescindible si se quiere tener “buenos” problemas.

Aunque existe una clasificación variada sobre los tipos de preguntas, una clasificación útil es la que las clasifica en cerradas, semi-cerradas y abiertas (Chamizo y Hernández, 2000), cuyas características se presentan a continuación:

Cerradas	Semi-cerradas	Abiertas
Se responde con una o dos palabras. La respuesta se encuentra en una página específica de un libro de texto o un cuaderno de apuntes.	La respuesta es de al menos un par de oraciones y no se encuentra en un lugar determinado determinada de un libro o cuaderno; sin embargo, si se entiende el material que en ellos se presenta, se está en posibilidad de responderla.	La respuesta requiere de al menos un párrafo y no se encuentra en un solo libro.
La respuesta es correcta o equivocada	La respuesta puede ser correcta si está bien explicada, pero también puede estar equivocada.	La respuesta es correcta si está de acuerdo con la información mostrada en los libros y/o cuadernos de apuntes y además está bien explicada.
Generalmente empiezan con ¿Qué...?, ¿Dónde...? o ¿Cuándo...?	Generalmente empieza con ¿Cómo...?	Generalmente empiezan con ¿Por qué...? o ¿Qué pasaría si...?

Tabla 3.2 Clasificación de las preguntas

Las que aquí interesan son las preguntas abiertas pues son las que generarán el problema de investigación. Una vez formulada la pregunta que de alguna manera concreta un problema, la mejor estrategia para abordar su resolución es a través de estrategias heurísticas, es decir, estrategias que se comportan como recursos organizativos del proceso de resolución, que contribuyen especialmente a determinar la vía de solución del problema abordado. Una de las estrategias más usadas en la docencia, parece ser la diseñada hace unos años por Gowin a través de la famosa Ve epistemológica o heurística, en la que se considera el

hacer (la metodología) y el pensar (los conceptos, la filosofía, etc.). Ésta fue desarrollada en primer término para ayudar a estudiantes y profesores a aclarar la naturaleza y los objetivos de un laboratorio de ciencias y se puede utilizar para analizar una lectura, diseñar una investigación, preparar una clase, como instrumento para análisis de currículos y es de mucha utilidad en la evaluación, tanto del trabajo teórico como del experimental.

Gowin afirmaba que el conocimiento no se transmite ni se descubre, sino que se construye por cada individuo, y que, por lo tanto tiene una estructura que puede ser analizada y esquematizada a través de un instrumento como la Ve (Chamizo y Hernández, 2000). Para construir la Ve (ver Fig. 3.1), en la parte superior de la misma se escribe la pregunta central (el problema que se quiere solucionar), en el vértice de la Ve se tienen los “eventos” (que acontecen o se hacen acontecer) y son los elementos a partir de los cuales se va adquirir un nuevo conocimiento. En el lado derecho de la Ve se tiene el “cómo hacer” o metodología seguida para tratar los hechos o eventos; en este lado se tienen también los “registros” que son, por ejemplo, los datos obtenidos de un experimento. Estos registros sufren transformaciones para obtener, entre otras cosas, tablas o gráficas que ayuden a la interpretación de los resultados. En el lado izquierdo de la Ve se tiene lo que se llama “dominio conceptual”, que es donde se explicitan los conceptos, leyes, teorías, principios y filosofía que orientan el trabajo que se está realizando. Por último, cabe señalar que tanto el lado izquierdo como el lado derecho están estrechamente relacionados y orientados a dar respuesta a la pregunta.

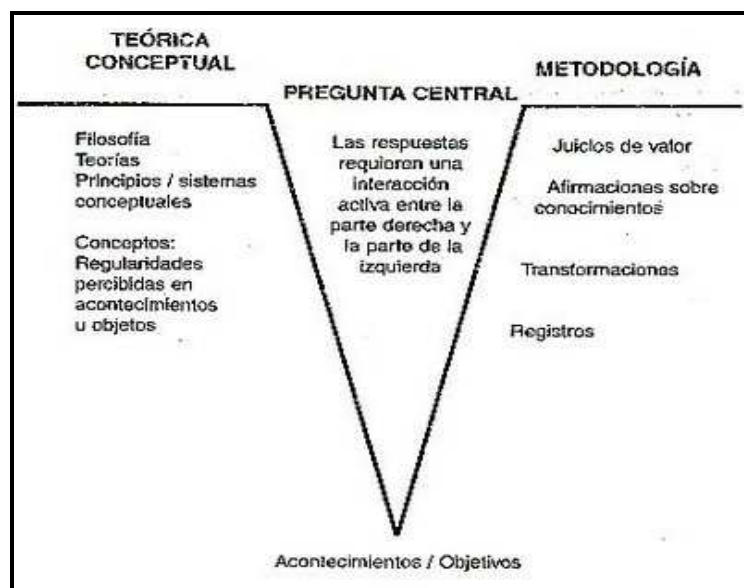


Figura 3.1. Ve epistemológica de Gowin

En la secuencia didáctica que aquí se propone, se trabaja con una modificación de esta herramienta. Los primeros dos cambios a la Ve son la forma y el nombre: Diagrama Heurístico. El siguiente cambio corresponde a la parte conceptual, el pensar, donde se ha introducido una modificación inspirada en la definición de problema de Toulmin. Como ya se ha mencionado, para él los conceptos científicos desarrollados a lo largo de la historia integran una complejidad tal, que es necesario distinguir en ellos tres aspectos diferentes, tres características que permitirán utilizarlos, particularmente en el espacio educativo, de mejor manera:

- 1) el lenguaje,
- 2) las técnicas de representación y
- 3) los procedimientos de aplicación de la ciencia

De este modo, a diferencia de otras Ves en el lado izquierdo quedan las tres características de los conceptos: lenguaje, los modelos y las aplicaciones (Chamizo e Izquierdo, 2007; Chamizo, 2010).

En la Figura 3.2 se muestra un Diagrama Heurístico vacío. Para completarlo hay que indicar antes que nada el tema del cual se tratará la investigación. La

siguiente sección pide que se reconozcan los hechos. Un hecho acerca del mundo es una afirmación (que no contiene valores) acerca del mundo, en la que coinciden diversas personas (por ejemplo, el cielo es azul, las mariposas tienen alas o los ácidos queman). Con los hechos se construye una pregunta (idealmente abierta) que para responderse requiere de una determinada metodología. Así hay que indicar el procedimiento escogido para responder la pregunta, procesar los datos obtenidos y alcanzar una conclusión de los mismos. La conclusión no es la respuesta a la pregunta, ya que para serlo se necesita incorporar los conceptos y el modelo. Lo más “simple” del Diagrama, es reconocer las aplicaciones de lo que estamos investigando. Además, el lenguaje permite iniciar el más complejo proceso de explicación que se concreta con la identificación o proposición de un determinado modelo. El modelo da el sustento teórico de la explicación de la pregunta y debe ser parte de la respuesta (Chamizo, 2010).

Diagrama heurístico sobre:		Pts
HECHOS		
PREGUNTA		
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	0
Aplicaciones	Procedimiento para la obtención de datos	
Lenguaje	Procesamiento de los datos para obtener un resultado	
Modelo	Análisis y/o conclusión derivado de los datos	
RESPUESTA		
REFERENCIAS De los hechos: De los conceptos: De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		

Figura 3.2. Diagrama Heurístico

3.4 La argumentación en la ciencia escolar.

En una sociedad moderna es necesario formar un alumnado crítico y capaz de decidir entre las diferentes propuestas o argumentos que se le presenten, de manera que pueda tomar decisiones en su vida común como ciudadanos. Por otro lado, hay que recordar que para los jóvenes de hoy en día, el conocimiento se adquiere solamente cuándo y cómo se le necesita, y por medio de la interacción social y dialógica (Garritz, 2009), más que mediante la recepción pasiva. Como dice Osborne (2009, p. 159):

“lo que reside en el corazón de la sociedad contemporánea – proceso de generación de conocimiento- coloca un énfasis en las habilidades de más alto orden de pensamiento: construir argumentos, hacer preguntas de investigación, hacer comparaciones, resolver problemas complejos no algorítmicos, lidiar con controversias, identificar asunciones ocultas, clasificar y establecer relaciones causales. Cualquier experiencia educativa que no ofrezca alguna de estas características cognitivas, como el currículo de la ciencia escolar, es tal vez, no sorprendentemente, de interés disminuido para muchos jóvenes contemporáneos”.

En otras palabras, para aprender ciencia -y particularmente Química- en esta sociedad cambiante y con estudiantes del siglo XXI, es necesario aprender a hablar, escribir y leer ciencia de manera significativa, reconocer las diversas maneras de expresar un mismo significado, y las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el científico.

Sin embargo, hay que reconocer que esto no es tarea fácil dado que el lenguaje científico posee características bien determinadas: es *preciso, no ambiguo, riguroso, formal e impersonal* (Sanmartí, 2002), por lo que para ser aprendido se

requiere de realizar actividades que favorezcan su comprensión y asimilación. Una de estas actividades es la *argumentación*.

La argumentación ha sido, históricamente, fundamental para el desarrollo del ser humano y de las ciencias. Se argumenta en distintos ámbitos: en el escolar, en el familiar, en el laboral, etc. pues es una de las operaciones mentales que el ser humano ha desarrollado para comunicarse, para evidenciar, plantear y resolver problemas, defender una postura, sustentar, llegar a acuerdos, propiciar consenso, convencer, debatir y tomar decisiones (De la Chaussée, 2009; Harada, 2009; Plantin, 2009; Revel, *et al.*, 2005). Desde la perspectiva de la educación en ciencias, recientemente se ha puesto especial atención a este tema y se han realizado numerosos trabajos de investigación sobre la argumentación en las clases de ciencias, tal como puede apreciarse en publicaciones como *Alambique* (2010, No. 63, Año XVII) y *Educación Química* (2009, Vol. 20, N. 2), que han dedicado números especiales al tema.

Pero, ¿qué es argumentación? Aunque hay cierta diversidad en la definición, de acuerdo con Plantin (2009, p. 39):

“La argumentación es una operación que se apoya sobre un enunciado asegurado (aceptado) –el argumento- para llegar a un enunciado menos asegurado (menos aceptable) –la conclusión.

Argumentar es dirigir a un interlocutor un argumento, es decir una buena razón para hacerle admitir una conclusión e incitarlo a adoptar los comportamientos adecuados.”

La argumentación, puede entenderse también como “la evaluación del conocimiento a partir de las pruebas disponibles” (Jimenez-Alexandre y Puig, 2010, p. 11) por ello, para que haya argumentación, tiene que haber conocimiento sometido a evaluación, en este caso, conocimiento científico, y pruebas para

confirmarlo o refutarlo. La argumentación puede realizarse en distintos contextos: teóricos, empíricos, elección de modelos explicativos, toma de decisiones, confirmación de predicciones o evaluación crítica de enunciados, entre otros. De ellos, el que interesa particularmente para este trabajo es la evaluación de modelos explicativos, de explicaciones causales; es decir, los argumentos que requieren un conocimiento de la cuestión sometida a examen. En estos contextos interaccionan el uso de pruebas para evaluar el conocimiento (la competencia de usar pruebas) y el aprendizaje de ciencias (alfabetización científica) (Jimenez-Alexandre y Puig, 2010). En otras palabras, lo que se requiere es desarrollar una competencia argumentativa.

Se entiende por *competencia argumentativa* la habilidad y voluntad de elaborar discursos orales y escritos, en los que se aporten pruebas o razones con la finalidad de convencer a otros, de alguna conclusión u opinión, entre varias posibles (Solbes, *et al.*, 2010).

Para poder evaluar el nivel de competencia argumentativa de los estudiantes es necesario tener un marco de referencia sobre el modelo argumentativo que habrá de seguirse, pues existen distintas perspectivas al respecto, por ejemplo los modelos de Van Dijk (1978), Adam (1992) o Toulmin (1993) (en: Sardá y Sanmartí, 2000). Para nuestra propuesta, se tomará como referente el *modelo argumentativo de Toulmin*.

De acuerdo con Henao y Stipcich (2008), hay tres conceptos centrales de la teoría toulminiana que son retomados en los estudios que reivindican el papel de la argumentación en el aprendizaje. El primero tiene que ver con sus consideraciones sobre el *lenguaje* como un elemento estructural de los conceptos, entendidos como propiedad comunal y no individual; el segundo, el carácter que le confiere a la *racionalidad* como contingente y no universal o trascendente y, el tercero, su postura frente al valor de la *argumentación*.

Según Sardá y Sanmartí (2000) para Toulmin existen formas universales para construir y evaluar las argumentaciones, las cuales están sujetas a la lógica formal, y elabora un modelo de la estructura formal de la argumentación describiendo los elementos constitutivos, representando las relaciones funcionales entre ellos, y especificando los componentes del razonamiento, desde los datos hasta las conclusiones. En términos generales, considera que los argumentos tienen diversos propósitos y destaca las explicaciones que justifican una afirmación.

En otras palabras, el *modelo de Toulmin* se basa en el establecimiento de una afirmación o *conclusión* (C) y en el aporte de *datos* (D) como elementos justificativos de dicha afirmación. Para realizar la aseveración se necesita un paso, un puente: específicamente, proposiciones que relacionen y justifiquen el tránsito de los datos a las conclusiones, denominadas como *justificaciones* (G) en el modelo. En general, la diferencia entre el dato y la justificación no es tajante; además, éstas últimas constituyen diferentes clases, cada una de las cuales otorga una fuerza distinta a las conclusiones y hace, entonces, necesario que se incluya el *modalizador* (M), que en términos simples es un adverbio que relativiza la conclusión.

Para el caso en que la justificación no alcance o ponga en duda los argumentos esgrimidos, se tiene que dar una *fundamentación* (F), es decir, nuevos justificativos: enunciados categóricos sobre hechos. Aunque, puede haber casos en que los datos no lleven a la conclusión y es aquí donde toman importancia las excepciones, llamadas *refutaciones* que permiten evaluar la fuerza de los argumentos (García y Valeiras, 2010).

A continuación se muestra el esquema del modelo argumentativo de Toulmin, que será utilizado como marco de referencia para el presente proyecto:

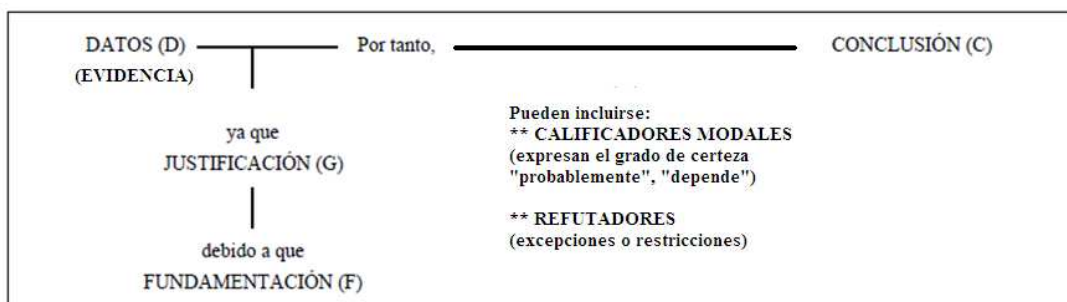


Figura 3.3 Esquema del modelo argumentativo de Toulmin (en Sardá y Sanmartí, 2000)

En términos generales, según este modelo en una argumentación, a partir de unos *datos* obtenidos o de unos fenómenos observados *justificados* de forma relevante en función de razones *fundamentadas* en el conocimiento científico aceptado se puede establecer una afirmación o *conclusión*. Esta afirmación puede tener apoyo de los *calificadores modales* y de los *refutadores* o excepciones.

Este modelo de Toulmin adaptado a la práctica escolar, permite reflexionar con los estudiantes sobre la estructura del texto argumentativo y aclarar sus partes, poniendo énfasis en la importancia de las relaciones lógicas que debe haber entre ellas. En otras palabras, posibilita una meta-reflexión sobre las características de una argumentación científica, profundizando sobre cómo se establece la no linealidad de los razonamientos.

4.
METODOLOGÍA
Y
SECUENCIA DIDÁCTICA

En la investigación educativa, la multiplicidad de los objetivos y fines que se pretenden, la singularidad de los fenómenos que se estudian y la pluralidad de los métodos que se emplean son dimensiones que la hacen específica y por lo mismo compleja para describirla y estudiarla. Además, el investigador (como en todas las ciencias sociales) forma parte del objeto de estudio y esto conlleva a que no pueda mantenerse neutral y ajeno a la problemática educativa que investiga. Dicho de otra manera, la realidad educativa es dinámica, interactiva y compleja, está conformada por aspectos éticos, morales, políticos y sociales que se prestan más a su examen desde planteamientos humanístico-interpretativos. Por ello, el presente trabajo es un ejemplo de lo que se conoce como *investigación-acción* y está metodológicamente enmarcado dentro de la *investigación cualitativa*.

4.1 La investigación-acción

La investigación-acción es entendida como una forma de estudiar, de explorar, una situación educativa, con la finalidad de mejorarla (sus propias prácticas educativas, la comprensión sobre las mismas y las situaciones e instituciones en las que éstas se realizan), en la que se implican como “indagadores” los propios implicados en la realidad investigada: los alumnos y el profesor (Latorre, 2003; Suárez, 2002).

En otras palabras, es una investigación que pretende mejorar la educación cambiando prácticas y que nos permite aprender gracias al análisis reflexivo que se da dentro de la propia investigación. Para comprender mejor este concepto, conviene revisar algunas de sus características. De acuerdo con Kemmis y McTaggart (1988, en Latorre, 2003), los rasgos más destacados de la investigación-acción son:

- *Es participativa*. Las personas trabajan con la intención de mejorar sus propias prácticas. La investigación sigue una espiral introspectiva: una espiral de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión.
- *Es colaborativa*, se realiza en grupo por las personas implicadas.

- *Crea comunidades autocríticas* de personas que participan y colaboran en todas las fases del proceso de investigación.
- Es un *proceso sistemático de aprendizaje*, orientado a la praxis (acción críticamente informada y comprometida).
- *Induce a teorizar* sobre la práctica.
- *Somete a prueba* las prácticas, las ideas y las suposiciones.
- *Implica registrar, recopilar, analizar* nuestros propios juicios, reacciones e impresiones en torno a lo que ocurre; exige llevar un diario personal en el que se registran nuestras reflexiones.
- *Es un proceso político* porque implica cambios que afectan a las personas.
- *Realiza análisis críticos* de las situaciones.
- *Procede progresivamente a cambios* más amplios.

De este modo, de acuerdo con Elliot (1991, en Suárez, 2002) a partir de la investigación-acción, “se pretende mejorar la práctica: hacerla más educativa, tanto en los procesos como en los resultados, por lo tanto este cambio no se aborda como un problema técnico sino ético, filosófico y hasta político, porque si mejora la práctica, es porque alguien se esfuerza en que esto suceda, por eso se asocia también a la mejora de los implicados; cambian las acciones, las ideas, los contextos y... las personas”.

4.2 La investigación cualitativa

De acuerdo con Vasilachis (2006) la investigación cualitativa es un proceso interpretativo de indagación basado en distintas tradiciones metodológicas –la biografía, la fenomenología, la etnografía y el estudio de casos- que examina un problema humano o social y sus características generales están determinadas, según se refieran a:

- a) quién y qué se estudia: la investigación cualitativa se interesa, en especial, por la forma en la que el mundo es comprendido, experimentado, producido; por el contexto y por los procesos; por la perspectiva de los

participantes, por sus sentidos, por sus significados, por su experiencia, por su conocimiento, por sus relatos;

- b) las particularidades del método: la investigación cualitativa es interpretativa, inductiva, multimetódica y reflexiva. Emplea métodos de análisis y de explicación flexibles, y sensibles al contexto social en el que los datos son producidos. Se centra en la práctica real, situada, y se basa en un proceso interactivo en el que intervienen el investigador y los participantes, y
- c) la meta de la investigación: la investigación cualitativa busca descubrir lo nuevo y desarrollar teorías fundamentadas empíricamente, y es su relación con la teoría, con su creación, con su ampliación, con su modificación y con su superación lo que la hace relevante. Intenta comprender, hacer al caso individual significativo en el contexto de la teoría, provee nuevas perspectivas sobre lo que se conoce, describe, explica, elucida, construye y descubre.

Como se ha mencionado, dentro de las tradiciones metodológicas de la investigación cualitativa se pueden encontrar: la biografía, la fenomenología, la etnografía y el *estudio de casos*. El estudio de casos es la metodología que se ha seleccionado para realizar la presente trabajo dadas las características de la propia investigación.

4.2.1 El estudio de casos

Señala Y. Poisson (1991, en Pallezo y García, 2003, p. 168) que en este tipo de investigaciones, “el investigador restringe su atención a aquel número limitado de casos que considera significativos con relación a un objeto específico y delimitado. Un objetivo que se propone la comprensión en profundidad de una situación (social, grupal, individual, institucional) del todo particular. Contrariamente a cuanto sucede en los estudios estadísticos y experimentales, la finalidad del

estudio de caso no consiste en llegar a una determinada certeza sino sólo en favorecer, aumentar, corroborar la comprensión de un fenómeno”.

En otras palabras, lo que se pretende aquí no es la generalización, sino la particularización ya que en el estudio de casos se toma un caso particular y se llega a conocerlo bien, y no para ver en qué se diferencia de los otros, sino para ver qué es, qué hace. De acuerdo con Stake (2007, p. 78): “los casos particulares no constituyen una base sólida para la generalización a un conjunto de casos, como ocurre con otros tipos de investigación. Pero de los casos particulares las personas pueden aprender muchas cosas que son generales. Y lo hacen en parte porque están familiarizados con otros casos a los que añaden el nuevo, y así forman un grupo un tanto nuevo del que poder generalizar, una oportunidad nueva de modificar las antiguas generalizaciones”.

De este modo, “el objetivo primordial del estudio de un caso no es la comprensión de otros, por el contrario, la primera obligación es comprender el caso [...] para ello el primer criterio de selección debe ser la máxima rentabilidad de aquello que podemos aprender del caso” (Stake, 2007, p. 17). De este modo, el objetivo en esta investigación, desde la perspectiva metodológica, será conocer al detalle el caso de estudio: un grupo de alumnos de bachillerato en una situación de aprendizaje específica.

4.3 Diseño de la secuencia didáctica

La investigación que se presenta consiste en la descripción y análisis de la aplicación de una secuencia didáctica basada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a partir de la definición de *problema* de Toulmin para abordar el tema *Minerales: la clave de la civilización* ubicado en la cuarta unidad del Programa de Química III de la E. N. P.

La aplicación de esta secuencia tiene como principales objetivos: 1) que los estudiantes aprendan a plantear preguntas (problemas) de temas de su interés, 2)

que con base en la investigación y a través del uso del Diagrama Heurístico den respuesta a tales preguntas y aprendan no sólo del tema que investigan sino también del proceso de investigación y 3) que aprendan a argumentar desde el punto de vista de la ciencia escolar.

Para lograr lo anterior, se ha partido de los conceptos que maneja la “enseñanza estratégica”, en la que de acuerdo con Quesada (2008, p. 75): “El profesor tendrá que organizar actividades de enseñanza y diseñar ejercicios para que los alumnos estudien y realicen sus trabajos, referidos a los diferentes temas de la asignatura, por medio de los procedimientos de aprendizaje que quiera desarrollar en ellos, con el fin de que una vez que el alumno los domine, pueda autorregularse y seleccionar por sí mismo el que se adapte mejor a él”. Por ello, un aspecto importante de esta investigación correspondió al diseño de instrumentos didácticos para la secuencia; es decir, la búsqueda y organización de información y el diseño de guías, cuestionarios, actividades experimentales, examen y todos aquellos instrumentos que sirvieran de apoyo para la aplicación de la secuencia didáctica.

Cabe señalar que el diseño de cada uno de los instrumentos usados no fue fácil y requirió de tiempo, estudio y paciencia. Para este diseño, el primer paso fue consultar los trabajos previos (Robles, 2008); después, fue necesario echar a andar la creatividad y finalmente, se tuvo que realizar una *prueba piloto* que permitiera identificar aciertos y errores tanto de la metodología en general, como de los instrumentos en particular y con ello, hacer las modificaciones que ayudaran a mejorar los resultados en una segunda aplicación.

Uno de los instrumentos más importantes de la secuencia corresponde al *Examen*, pues es una de las herramientas principales de la evaluación del aprendizaje de los estudiantes. Este examen se usa en dos etapas de la secuencia: al inicio (como examen diagnóstico) y al final del proceso. Para su diseño se consideraron estrategias de evaluación que no se basaran en lo meramente memorístico, que

implicaran actividades en las que los estudiantes aplicaran los conocimientos y habilidades desarrolladas en la secuencia y que además, reflejaran el aprendizaje del tema de manera general, considerando que la parte medular de la secuencia consiste de temas diversos que no abordan todos los estudiantes. El examen aplicado se muestra en el Anexo 11.

Por otro lado, dado que el tema central de este trabajo es el ABP y con ello, el planteamiento de preguntas por parte de los estudiantes, el primer aspecto en el que se trabajó para alcanzar este propósito, fue el establecimiento de un ambiente que favoreciera la generación de dichas preguntas: no es posible hacer preguntas sobre un tema, si no se conoce al menos “algo” de él. De ahí que se planteara una *Fase I: Introductoria*, que permitiera, por un lado, que los estudiantes conocieran los aspectos elementales del tema para después generar preguntas; y por otro, que desde el punto de vista del programa de estudios y del profesor, se abordaran los conocimientos fundamentales que los estudiantes debían saber de dicho tema.

Para esta primera fase se optó por trabajar básicamente con cinco estrategias: a) exposición del profesor, b) visitas a museos, c) actividades experimentales, d) lectura y e) uso de TIC's.

a) *Exposición del profesor*. Para la exposición en clase sobre *minerales*, se diseñó una presentación con diversas imágenes e información básica (Anexo 1) que permitiera dar un panorama general del tema no sólo desde el punto de vista químico, sino también geológico, lo cual permitiera retomar algunos de los conocimientos que los alumnos ya tienen sobre la corteza terrestre, el ciclo de las rocas y la formación de minerales. Además, con esta presentación se da la información necesaria para poder realizar la visita al Museo de Geología: para visitar este museo, los alumnos deben tener cierto lenguaje relacionado a los minerales: hábito, brillo, mineral nativo, etc.

b) *Visitas a museos.* Como se ha mencionado anteriormente, para que las visitas a los museos cumplan su función en el aprendizaje, es necesario generar actividades específicas que favorezcan que los estudiantes pongan atención a los aspectos que se pretenden abordar dentro del museo. Particularmente en este caso, como el objetivo del uso de los museos era vincular el estudio de la química con otras ciencias como la geología, la historia y el arte, el uso de una “guía de actividades” se hizo imperioso, de ahí que para elaborar dichas guías, fue necesario realizar varias visitas a ambos museos, recorrer detalladamente sus salas y seleccionar los objetos y los temas que podrían observar y estudiar los estudiantes. También se tuvo que pensar en actividades que no resultaran aburridas o tediosas, que no tuvieran una dificultad tal que llevaran al fracaso, desilusión y como consecuencia desmotivación de los estudiantes al tratar de resolverlas y además, que implicaran el trabajo en equipo. En el caso de la guía para el Museo de Geología, ésta tiene por objetivo que los alumnos se familiaricen con algunos conceptos, que observen algunas propiedades de los minerales y que aprecien la gran diversidad de los mismos (Anexo 2) Por otro lado, la guía para el Museo Franz Mayer (Anexo 5), tiene por objetivo apoyar el tema de metales resaltando su importancia histórica, artística y económica.

c) *Actividades experimentales.* Para reforzar el tema de minerales, y particularmente sus propiedades, se decidió diseñar una práctica de laboratorio (Anexo 3). Después de la visita al museo de Geología en donde los estudiantes observaron una gran cantidad de materiales, era preciso que ahora pudieran manipularlos: observarlos, tocarlos y experimentar con ellos. El diseño de esta actividad, lamentablemente, estuvo restringido por la cantidad de materiales (minerales) que se pudieron conseguir: en general, los planteles de la Escuela Nacional Preparatoria no cuentan con ejemplares minerales suficientes para realizar actividades experimentales, por lo que se tuvo que hacer una inversión personal para proporcionar tales materiales a los alumnos. Esta actividad experimental tiene por objetivo que los estudiantes conozcan algunas de las

propiedades físicas y químicas de los minerales que les permiten comprender la gran diversidad en el uso de los mismos.

d) *Lectura*. La elección de una lectura para este trabajo, tampoco fue cosa fácil pues se requería de una lectura sencilla y breve: que aportara información suficiente para hacer la transición entre minerales y metales, pero que no fuera muy compleja en cuanto a términos y extensión. Para seleccionar la lectura, se buscó en varias fuentes, tanto en libros de texto como en libros de divulgación hasta encontrar una que satisficiera las condiciones requeridas (Anexo 4).

e) Uso de TIC's. Actualmente, el uso de las TIC's es de suma importancia dentro del aula pues con el acceso a Internet, se puede acceder también a un sinnúmero de materiales generados en todo el mundo. Para esta secuencia, se hizo una amplia búsqueda en la red a fin de encontrar materiales que pudieran ser útiles al desarrollo de la secuencia y finalmente se optó por considerar algunos *vídeos*. El uso de estos videos se dio en dos etapas: la primera, en la parte del estudio de los minerales en la que después de ver un par de videos se discutió sobre el tema y la segunda, se dio en la parte del estudio de metales, en la que el video proporcionaba información tal que se pudo construir un cuestionario (Anexo 6).

Una vez que los estudiantes están en condiciones de generar preguntas, pues tienen un conocimiento básico del tema, es momento de dar las herramientas que les permiten por un lado, formular su pregunta y por otro, responderla (*Fase II* de la secuencia). Para esto, se diseñaron también algunos materiales: el primero es para dar una clase sobre los tipos de preguntas (Anexo 7) y el segundo es para explicar el uso del Diagrama Heurístico (Anexo 8).

Finalmente, como parte de los objetivos de este trabajo es que los alumnos aprendan a argumentar, en la Fase III de esta secuencia fue necesario dar una explicación sobre lo que es argumentar y para ello se diseñó un material que

ayudara a explicar el Modelo argumentativo de Toulmin (Anexo 9). Además, para evaluar el nivel de competencia argumentativa, se diseñó también un ejercicio a partir los Diagramas Heurísticos de los estudiantes (Anexo 10). Todos estos materiales, fueron pensados (y modificados después de la prueba piloto) para que a los estudiantes les fuera más sencillo comprender en qué consiste la argumentación en ciencias y pudieran aplicarla tanto a su propio tema de investigación, como a otros temas (como por ejemplo, los propuestos en el examen).

Terminado el diseño de las actividades y sus respectivos instrumentos, se aplicó la secuencia didáctica en una *prueba piloto* y se analizaron los resultados. A continuación se describe la aplicación de dicha prueba.

4.3.1 La experiencia de la prueba piloto

Para la realización de la prueba piloto de la secuencia didáctica, se trabajó con un grupo de 51 alumnos de quinto año de la Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 9, turno matutino, del ciclo escolar anterior al del caso de estudio. La aplicación de las actividades se realizó en la segunda mitad del ciclo escolar debido a que el tema está ubicado en la cuarta unidad y porque además, es conveniente que los estudiantes ya tengan ciertos conocimientos previos relacionados con temas como: propiedades de los sólidos, tabla periódica, nomenclatura y enlace químico que son vistos en las unidades temáticas anteriores.

La secuencia se planeó para ser desarrollada en diez sesiones en la escuela y dos días sábado (para las visitas a los museos). Se trabajó con diez equipos de cinco o seis integrantes. Una vez establecidos los equipos de trabajo y antes de iniciar con las fases de la secuencia de actividades, se aplicó un examen diagnóstico. En la siguiente tabla se muestran las actividades realizadas:

SESIÓN	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Formación de equipos de trabajo.	Se tuvo esta sesión de integración de equipos debido a que el grupo había trabajado de manera individual o con equipos muy pequeños que no eran adecuados para estas actividades.
2	Introducción al tema.	Aplicación del examen diagnóstico. Para esta sesión se trabajó con el texto: <i>Parte 1. Introducción y origen de los recursos</i> ⁷ . Como actividad se pide que en equipo elaboren 3 preguntas del texto. Las preguntas se analizan y discuten en plenaria y sirven de preámbulo para la exposición del tema por parte de la profesora.
3	Práctica de laboratorio.	Se inicia retomando la clase anterior en la parte de propiedades físicas y se dan las explicaciones relativas a la práctica.
SÁBADO	Visita al Museo de Geología.	Se proporciona "Guía de actividades" para el trabajo en el museo.
4	Introducción al tema de metales.	Se hacen comentarios de la visita al museo y se trabaja con la lectura: "La litósfera" del libro <i>Química Terrestre</i> . ⁸ El trabajo con la lectura se hace mediante la técnica del <i>Rompecabezas</i> ⁹ y se pide que los estudiantes elaboren un cuestionario
5	Aplicación de examen.	El reporte del trabajo del Museo de Geología es entregado por los estudiantes y se hace la revisión de sus resultados. Se aplica el examen de opción múltiple derivado de la lectura anterior y se hacen comentarios sobre el tipo de preguntas que elaboraron.
SÁBADO	Visita al Museo Franz Mayer.	Se proporciona "Guía de actividades" para el trabajo en el museo.
6	Planteamiento de preguntas.	Se hicieron los comentarios sobre la visita, así como la revisión general de sus trabajos. Se establecieron de manera grupal las características del trabajo que iban a presentar al final ("criterios de éxito"): un cartel y la exposición del mismo. Además, se les pidió que empezaran a plantear sus preguntas de investigación
7	Introducción del Diagrama Heurístico.	Esta sesión se dedicó a hablarles sobre los tipos de preguntas, sobre el Diagrama Heurístico y se les pidió que establecieran la pregunta de investigación. Para la siguiente sesión se les pidió que trajeran un primer Diagrama de su pregunta y que trajeran también lo que hubiesen investigado hasta entonces.
8	Diagrama Heurístico.	En la octava sesión prácticamente nadie llevó el Diagrama, apenas llevaron información y datos. Se volvió a platicar con cada equipo y algunos llegaron, incluso, a cambiar su pregunta.
9		La novena sesión fue más productiva: llevaron sus Diagramas, se hicieron comentarios y aclaraciones sobre los mismos.
10		Se hizo la última y definitiva entrega del Diagrama. Todavía hubo muchos errores. Se hicieron los comentarios y se platicó nuevamente sobre la entrega del cartel y la exposición de la siguiente clase
11	Exposición del cartel.	Los alumnos llevaron carteles y realizaron la exposición de sus temas.
12	Examen.	En esta última sesión se aplicó un examen (el mismo del diagnóstico).

⁷ Craig, et al. *Recursos de la Tierra: Origen, uso e impacto ambiental*. Pearsons-Prentice Hall

⁸ Chamizo J.A, Garriz A. (1991) *Química Terrestre*. Fondo de Cultura Económica, Colección "La ciencia desde México" Número 97, México

⁹ Tomado de: Diaz-Barriga, F. y Hernández Rojas, G. (2002) *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. 2ª ed. McGraw-Hill, México

Es importante señalar que durante el desarrollo de las actividades, se pidió a los estudiantes su opinión sobre las lecturas, las visitas a museos, etc. con el propósito de tener elementos para modificar o eliminar alguna de las partes de la secuencia. De este modo, después de la aplicación se hizo un análisis de los resultados y se concluyó que debían realizarse varias modificaciones:

- Mejorar el tiempo para realizar la práctica de laboratorio. Ajustar el tiempo de explicación y de experimentación.
- Proporcionar alguna explicación en el museo de Geología antes de que ellos resuelvan sus actividades y asegurarse de que el museo funcione en condiciones óptimas.
- Modificar la lectura de introducción al tema de metales o incluso, modificar la estrategia con la que se trabajó.
- Modificar la estrategia relacionada con la visita al Museo Franz Mayer debido a que los alumnos conocen este museo por otras clases y les resulta tedioso hacer nuevamente el recorrido completo.
- Encontrar la manera de que en las sesiones de revisión de los Diagramas Heurísticos sean más productivas.
- Ajustar el tiempo de la secuencia.
- Introducir el concepto de argumentación para complementar la evaluación del aprendizaje a partir del uso del Diagrama Heurístico.
- Hacer algunas modificaciones en los instrumentos empleados.

Y por último, una de las conclusiones más importantes de esta prueba piloto fue que era necesario preparar a los estudiantes a lo largo del curso para formular buenas preguntas y para la elaboración del Diagrama Heurístico. Es decir, se requería que desde el inicio del ciclo escolar se planteara lo que significa hacer una “buena” pregunta y además se establecieran, de manera separada los aspectos que incluye el Diagrama Heurístico, por ejemplo: saber lo que es un modelo, hacer énfasis en las referencias bibliográficas cuando se hace una investigación, etc. También se concluyó que era importante haber realizado al

menos un Diagrama Heurístico sobre un tema ya conocido antes de aplicarlo a un tema de investigación.

A partir de las conclusiones obtenidas de la prueba piloto, para obtener mejores resultados en la segunda aplicación de la secuencia, se decidió trabajar con el grupo desde el inicio del ciclo escolar. Esto permitió que durante el año se abordaran aspectos necesarios para el tema de la secuencia propuesta tales como: modelo corpuscular de la materia, modelos de enlace, tabla periódica y nomenclatura básica. Por otro lado, fue posible desarrollar algunas habilidades como: el trabajo en equipo, la investigación bibliográfica y la elaboración de preguntas. Además, se pudo enfatizar en algunos temas previos la importancia de los modelos en ciencia y se trabajaron dos actividades experimentales teniendo como reporte de práctica un Diagrama Heurístico. Esta última cuestión fue muy importante porque, como veremos más adelante, la práctica continua en la elaboración del Diagrama Heurístico conlleva a que cada vez se tengan mejores resultados.

4.4 Versión final de la secuencia didáctica

Esta secuencia se diseñó para ser trabajada en 12 sesiones¹⁰ de clase de cien minutos cada una (además de dos días sábados para las visitas a museos) y se aplica hacia la parte final del ciclo escolar pues implica que los estudiantes tengan varios conocimientos previos. Las actividades se dividieron en tres fases que a continuación se describen:

¹⁰ Sin embargo, dadas las condiciones del grupo, se tuvo que alargar a 14 sesiones totales, considerando 2 sesiones más en la Fase II.

4.4.1 Fase I: Introductoria

“Deberíamos empezar a plantearnos con urgencia la posibilidad de articular nuestros currículos sobre la base de los procedimientos y estrategias de aprendizaje, que tienen mucha más vigencia, y reducir los contenidos de tipo conceptual a aquellos que resultan más permanentes e interdisciplinarios...”
Carlos Monereo.

Esta fase se diseñó para llevarse a cabo en cuatro sesiones en el aula y dos salidas al campo (visitas a museos), y como dice su nombre tiene como primer propósito el introducir a los alumnos a los temas tanto de minerales como de metales dando algunos conceptos básicos que corresponden a los señalados en el programa de la asignatura; pero también tiene como propósito que los alumnos se motiven para aprender más sobre el tema a partir de la generación de preguntas de investigación (problemas).

Como se mencionó anteriormente, este trabajo está basado en la *enseñanza estratégica* y por ello, para esta fase el conjunto de estrategias de aprendizaje consideradas son:

a) *Examen diagnóstico*. Se da al inicio del tema con el propósito de indagar qué y cuánto saben los alumnos del tema, pero además es fundamental para la evaluación del aprendizaje final de los alumnos (las características de este examen se abordarán en la Fase de Evaluación).

b) *Exposición por parte del profesor*. Se da una introducción al tema de Minerales a partir del uso de imágenes por computadora (las diapositivas usadas en esta clase se muestran en el Anexo 1). Se parte de la *lluvia de ideas* pues los alumnos tienen como antecedente de este tema lo que vieron en la asignatura de Geografía.

Se aborda el tema desde la composición de la corteza terrestre y la formación de rocas hasta la definición de minerales y algunas de sus propiedades. Esta breve

exposición proporciona información necesaria para dar sentido a la siguiente actividad: la visita al Museo de Geología.

c) *Visita al Museo de Geología.* La elección de este museo es porque en él hay una gran variedad tanto de rocas como de minerales que difícilmente se pueden observar en otro contexto.

Para la realización de las visitas a los diferentes museos, se pide que los estudiantes lleven algunos materiales como: credencial de la escuela, hojas blancas, cámara fotográfica, lápices de colores y la “Guía de actividades”.

La visita al museo se hace de manera grupal y con la compañía de la profesora quien da una muy breve plática al inicio de la actividad, en ella se retoman los conceptos vistos en la sesión anterior, pero teniendo ejemplares específicos dentro del museo. Por ejemplo, se muestran los diferentes tipos de hábito, las estructuras cristalinas de algunos minerales, se muestran minerales importantes por su uso en la historia, etc. Después de esta introducción, se pide a los alumnos que realicen las actividades de su “Guía de actividades” (Anexo 2).

d) *Actividad experimental.* Para la realización de esta actividad se parte de las observaciones hechas en el museo y la clase introductoria: se retoman los conceptos de roca, mineral y cristal con base en la observación de muestras reales y modelos tridimensionales.

Para esta práctica, cada uno de los equipos cuenta con conjunto de minerales que puede manipular sin problema, para observar sus propiedades tanto físicas como químicas. El formato de la práctica se muestra en el Anexo 3.

e) *Uso de TIC: Video.* Después de la actividad experimental y de que los alumnos han entregado su reporte de la visita al museo, se concluye el tema de minerales mediante la observación y comentarios de un par de videos sobre la mina de

Naica: 1) “La cueva de los cristales gigantes de Naica”¹¹ (7 min) y “Giant crystal cave”¹² (6 min).

f) *Lectura y cuestionario*. Sirven para hacer la transición del tema de minerales al tema de metales a partir de la lectura: “*La litósfera, metales y metalurgia*” que es un fragmento del libro: Chamizo, José A. y Garritz, Andoni (1991) *Química Terrestre* FCE, México,¹³ (ver lectura en Anexo 4). Se pide a los alumnos que lean en casa el texto y en clase deberán elaborar - en equipo - un cuestionario con 20 preguntas relacionadas al texto. Se hace énfasis en el cuidado que deben tener al elaborar sus preguntas dado que, de sus propios cuestionarios, se elaborará un examen sobre metalurgia que les será aplicado la siguiente clase.

g) *Visita al museo “Franz Mayer”*. Después de la introducción al tema de metales, es posible la realización de la visita al museo “Franz Mayer”: aquí se trata de que los estudiantes al recorrer el museo, observen la importancia de los metales en la historia de México. Las actividades que los alumnos realizan en este museo se encuentran en el Anexo 5.

h) *Uso de TIC: Video*. Después de la aplicación del cuestionario y de la visita al museo, para redondear el tema de metales, se pide a los estudiantes que después de observar el video: *Horizontes. Ciencias Naturales, Capítulo: “Los metales: materiales para múltiples usos”*¹⁴, (26 min) complementen –en equipo- la información que se les pide en el Cuestionario que se muestra en el Anexo 6. Se discuten y analizan las respuestas. Con esta actividad concluye la Fase Introductoria.

¹¹ Tomado de: YouTube- La cueva de los Cristales Gigantes de Naica

¹² http://channel.nationalgeographic.com/episode/giant-crystal-cave-3569/Overview#tab-Videos/05857_00

¹³ Que puede ser consultado vía electrónica en:

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/097/htm/quimicat.htm>

¹⁴ Tomado de la página del canal Encuentro: www.encuentro.gov.ar.

4.4.2 Fase II: Planteamiento y solución del problema

“El tipo de preguntas que uno mismo se propone es lo que modifica las estructuras conceptuales; es lo que lleva de actitudes precientíficas a actitudes científicas. No son las preguntas que hace el maestro sino las que nos hacemos a nosotros mismos las importantes para el aprendizaje”.
José Luis Córdova

Esta es la fase medular de la propuesta y se llevó a cabo en seis sesiones. La primera parte de la fase consiste en lograr que los alumnos formulen una pregunta de investigación (su problema) a partir de los conocimientos que han adquirido hasta ese momento sobre alguno de los dos temas tratados: minerales o metales. Para el planteamiento de la pregunta, se da una breve explicación sobre las características de las preguntas (ver Anexo 7), de manera que la suya sea lo más parecido a una pregunta abierta.

El siguiente paso es pedirles que planteen de manera muy general la metodología que emplearán para poder responder su pregunta: a quién podrían preguntarle, en qué fuentes de consulta buscar, a qué lugar acudir, etc. Cuando tienen una idea de su posible metodología, se retoma la explicación de lo que es el Diagrama Heurístico (Anexo 8) y el cómo se utilizará para dar respuesta a la pregunta.

Concluidas las explicaciones y una vez que los alumnos han planteado su problema de investigación, el siguiente paso es la investigación y la entrega de un Diagrama Heurístico resuelto. Este paso aparentemente sencillo, es en realidad un complejo proceso de negociación y retroalimentación entre la profesora y los alumnos en el que se hacen evaluaciones a distintos Diagramas hasta llegar al más completo y con una buena evaluación.

Teniendo el Diagrama Heurístico resuelto, es momento de que los estudiantes compartan los resultados de su investigación con el resto de los compañeros del grupo y es entonces cuando se entra en la tercera fase.

4.4.3 Fase III: Evaluación

“Evaluar desde la perspectiva constructivista es dialogar y reflexionar sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje porque es una parte integral de dicho proceso. Consiste en poner en primer término las decisiones pedagógicas, para promover una enseñanza verdaderamente adaptativa que atienda a la diversidad del alumnado; en promover aprendizajes con sentido y valor funcional para los alumnos...”
Frida Díaz-Barriga

En la evaluación final conviene distinguir entre la evaluación de los aprendizajes y la calificación que se da al trabajo realizado. De acuerdo con Sanmartí (2002), la evaluación del aprendizaje se puede hacer mediante diversos medios:

1. La realización de actividades de aplicación de lo aprendido a nuevos contextos o a pequeñas investigaciones. En ellas el alumno ha de demostrar que sabe transferir sus conocimientos de todo tipo a la resolución de nuevos problemas.
2. La realización de exposiciones orales en las que los estudiantes deben explicar a compañeros del propio curso u otros sus aprendizajes. Da lugar a que todos revisen sus conocimientos y promueve el desarrollo de la capacidad de expresarse en público.
3. La realización de pruebas escritas o exámenes en las que todos los alumnos responden las mismas preguntas.

Con base en lo anterior, la evaluación de los estudiantes se da a partir de cuatro aspectos: a) el Diagrama Heurístico, b) la comunicación de sus resultados, c) la evaluación de la competencia argumentativa con base en el Diagrama Heurístico y d) un examen.

a) Evaluación y autoevaluación del Diagrama Heurístico

Esta parte de la evaluación se da continuamente durante el proceso de investigación y el desarrollo del Diagrama Heurístico. Cada Diagrama, deberá ser autoevaluado por los estudiantes a fin de reconozcan sus propios avances (o carencias) y posteriormente el profesor hace la evaluación. Dichas evaluaciones se hacen a partir del siguiente registro de aprendizaje (Chamizo, 2010):

Puntos	Características
HECHOS	
0	No hay hechos
1	Se identifican hechos
2	Se identifican hechos y algunos conceptos
3	Se identifican hechos, conceptos y aspectos metodológicos
PREGUNTA	
0	No hay pregunta
1	Hay una pregunta basada en los hechos
2	Hay una pregunta basada en los hechos e incluye conceptos
3	Hay una pregunta basada en los hechos, incluye conceptos y sugiere aspectos metodológicos
METODOLOGÍA	
0	No hay metodología
1	Hay alguna metodología
2	Hay un detallado procedimiento para la recolección de datos
3	Los datos son procesados a través de tablas y/o gráficas
4	Con los datos procesados se obtiene una conclusión
CONCEPTOS	
0	No hay conceptos
1	Se identifican las aplicaciones
2	Se identifican las aplicaciones y el lenguaje
3	Se identifica el modelo en el que se enmarca la respuesta
4	Se identifican las aplicaciones, el lenguaje y el o los modelos específicos que permiten resolver el problema
RESPUESTA	
0	No hay respuesta
1	La respuesta es muy semejante a la conclusión de la parte metodológica
2	La respuesta incorpora además de la parte metodológica, los hechos
3	La respuesta incorpora además de la parte metodológica, los hechos y los conceptos (particularmente el modelo)
REFERENCIAS	
0	No hay referencias
1	Hay únicamente referencias de los hechos, o los conceptos o la metodología
2	Hay referencias de los hechos y de los conceptos o de la metodología
3	Hay referencias de los hechos, de los conceptos y de la metodología

b) Comunicación de los resultados

Esta se lleva a cabo en una sesión y en ella, los alumnos comparten los resultados de sus investigaciones con el resto del grupo. Para lograr esto, lo primero que deben hacer es tomar conciencia de lo más importante de su investigación y de lo que ellos consideran relevante para compartir pues no se trata de que presenten su Diagrama Heurístico.

Para la exposición de los resultados, primeramente se pide que elaboren un cartel (de 60 x 90cm) en el que a través del uso de imágenes y texto deberán plasmar su tema. Dado el número de alumnos en el grupo y del tiempo disponible se planeó que la exposición de cada equipo se llevara a cabo en 10 minutos (7 minutos para exponer y 3 minutos para preguntas).

Es muy importante que previamente al día de la exposición se establezcan los criterios de éxito de la tarea en conjunción con el grupo debido a que la evaluación de este trabajo está dada tanto por los alumnos como por la profesora.

c) Evaluación del nivel de competencia argumentativa

Para la evaluación de la capacidad argumentativa primero fue necesario proporcionar a los alumnos una introducción sobre lo que significa argumentar y las partes básicas de la argumentación. Para esto se destinó una sesión para hablar sobre el tema de la argumentación a partir de la información que se muestra en el Anexo 9. En clase se trabaja con los ejercicios mostrados y se pide que los estudiantes realicen un ejercicio de argumentación.

Después de esta introducción y de haber concluido con la elaboración del Diagrama Heurístico, se pide a los estudiantes que realicen un ejercicio de argumentación sobre sus propias conclusiones del tema de investigación. El

objetivo de esta prueba es observar el nivel de competencia argumentativa a partir del uso del Diagrama Heurístico. Para ello se les proporciona un formato (Anexo 10) en el que a partir de una conclusión deben identificar los datos o hechos, la justificación, las refutaciones y finalmente, escribir una argumentación completa para la conclusión propuesta.

La evaluación del nivel de competencia argumentativa se hace a partir del análisis de las argumentaciones escritas por los estudiantes identificando los diferentes componentes que estén conectados mediante relaciones lógicas correctas para, después, calificar la argumentación en función de la diversidad de los componentes utilizados (Solbes, *et al.*, 2010). Los componentes que se deben encontrar en las argumentaciones de acuerdo a la adaptación del modelo de Toulmin, son:

- *Datos*: pruebas o hechos que sirven como base para la justificación y pueden ser de diferentes tipos: empíricas, hipotéticas, experimentales, etc.
- *Justificaciones o razones principales*: reglas o principios que permiten pasar de los datos a la conclusión o afirmación de la argumentación.
- *Refutaciones u objeciones*: son razones que cuestionan la validez de alguna parte de la argumentación.
- *Conclusiones*: afirmaciones o aseveraciones cuya validez se requiere demostrar.

Y para determinar el nivel de competencia argumentativa se tomarán en cuenta las categorías establecidas por Erduran y otros (2004) que van desde el nivel 1 al 5, en sentido creciente de calidad:

Nivel 1	Una conclusión frente a una contra-conclusión u otra conclusión.
Nivel 2	Una conclusión frente a otra con datos, justificación pero sin ninguna refutación.
Nivel 3	Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales.
Nivel 4	Aparece alguna refutación fuerte que cuestiona algún componente de la

	argumentación del interlocutor.
Nivel 5	La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte, los participantes aportan refutaciones y contra-refutaciones justificadas.

Debido a que este método se aplica a las argumentaciones que se hacen de manera oral y en presencia de un interlocutor, para poder aplicarlo a este trabajo, las categorías se modificaron y redujeron a cuatro niveles:

Nivel 1	Una conclusión frente a una contra-conclusión u otra conclusión.
Nivel 2	Una conclusión frente a otra con datos, justificación pero sin ninguna refutación.
Nivel 3	Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales.
Nivel 4	La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte.

Este mismo criterio de evaluación del nivel de competencia argumentativa se utiliza para el análisis de la parte de argumentación en el examen de conocimientos que se aplica al final de la secuencia.

d) Examen

Este examen se aplica al finalizar el desarrollo de la secuencia y es el mismo que se aplicó como diagnóstico. El propósito, es analizar los cambios que se dan en los estudiantes antes y después de la intervención.

El examen está dividido en tres secciones: a) la asociación de palabras, b) preguntas abiertas, y c) argumentación.

d.1) Asociación de palabras.

La técnica de asociación de palabras es usada para medir la relación existente entre los conceptos que tiene un estudiante y se vincula con dos aspectos importantes del proceso de aprendizaje de las ciencias: 1) la conexión interna en una estructura cognitiva (es decir, cómo el conocimiento del aprendiz es efectivamente integrado o perdido en su propia estructura cognitiva) y 2) la activación de una parte específica de la estructura cognitiva para el aprendizaje (es decir, la precisión con la cual se usa una parte de la estructura cognitiva para aprender un nuevo conocimiento) (Lee, 1993; Nakiboglu, 2008).

Este instrumento permite determinar la organización de conceptos presentes en la memoria semántica del estudiante: los términos que se conocen más, generan más asociaciones que aquellos de los que se sabe menos, de ahí que al presentarle a un estudiante una palabra (denominada estímulo) y pedirle que escriba en un tiempo determinado todas aquellas con las que la puede relacionar, se está en la posibilidad de reconocer el grado de conocimiento que posee sobre el tema (Chamizo, 1996; White y Gunstone, 1992)

Para esta evaluación, se consideran dos palabras estímulo y se dan tres minutos para que los alumnos escriban el mayor número de palabras que puedan asociar primero, con la palabra mineral, y después con la palabra metal. Se pide un máximo de 20 asociaciones, sin embargo se deja abierta la posibilidad de que escriban todas las que puedan en el tiempo asignado.

d.2) Ejercicios.

En esta sección se evalúan los conocimientos básicos asociados con lo que pide el programa de la asignatura: en la primera actividad, se pide que definan y caractericen una roca, un mineral y un metal y den ejemplos de los mismos. La segunda actividad relaciona el tema de minerales con la situación mexicana y en

la tercera, se deben aplicar los conocimientos de identificación de materiales a partir de sus propiedades físicas y químicas.

d.3) Argumentación.

Se dan dos ejercicios: uno relacionado a la definición de mineral y otro al polimorfismo. En ambos ejercicios se pide a los alumnos que argumenten sobre estos temas y se evalúa también su *nivel de competencia argumentativa*. El examen completo se encuentra en el Anexo 11.

Cabe aclarar que aquí se han descrito los instrumentos con los que se evalúa el aprendizaje de los alumnos después de la secuencia, sin embargo, la evaluación del desempeño de los estudiantes en este trabajo fue hecha considerando todas las actividades que se realizaron, es decir, se sumaron los puntos obtenidos en las diferentes partes de la secuencia: 1) actividades dentro del salón de clase, 2) reporte de trabajo sobre los museos, 3) cuestionarios, 4) Diagramas Heurísticos, 5) cartel, 6) exposición del cartel, 7) ejercicios de argumentación y 8) examen final.

A continuación se presenta de un esquema de la secuencia didáctica aplicada:

	FASES	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	DURACIÓN
SECUENCIA DIDÁCTICA	I Introducción	a. Aplicación del Examen diagnóstico (Anexo 11).	4 sesiones de aula de 100 min y 2 salidas a museos.
		b. Exposición por parte del profesor (Anexo 1).	
		c. Visita al Museo de Geología (Anexo 2).	
		d. Actividad experimental: “Propiedades de los minerales” (Anexo 3).	
		e. Uso de TIC: Vídeos “La cueva de los cristales gigantes de Naica” y “Giant cristal cave”	
		f. Lectura y cuestionario del texto: “La litósfera, metales y metalurgia” (Anexo 4).	
		g. Visita al Museo Franz Mayer (Anexo 5)	
		h. Uso de TIC (Video): Se observa el video: Horizontes. Ciencias Naturales, Capítulo: “Metales: materiales para múltiples usos” y se contesta un cuestionario sobre el mismo (Anexo 6).	
	II Planteamiento y solución del problema	a. Formulación de la pregunta (Anexo 7).	4 sesiones ¹⁵ de aula de 100 min
		b. Planteamiento de metodología de investigación: Diagrama Heurístico (Anexo 8).	
		c. Investigación y solución del problema.	
	III Evaluación	a. Evaluación y autoevaluación de los Diagramas Heurísticos	4 sesiones de aula de 100 min
		b. Comunicación de resultados.	
c. Evaluación del nivel de competencia argumentativa (Anexos 9 y 10).			
d. Aplicación del Examen final (el mismo que el de diagnóstico) (Anexo 11).			

¹⁵ Como se ha mencionado, esta Fase II se diseñó para llevarse a cabo en 4 sesiones, pero por las características del grupo (las cuales se analizarán en el apartado de “Resultados”), se invirtieron 2 sesiones más en el proceso de elaboración del Diagrama Heurístico. En total, la secuencia didáctica se realizó en 14 sesiones (seis semanas).

4.5 El caso

Se trabajó con un grupo de quinto año del Plantel 9, turno matutino, de la Escuela Nacional Preparatoria, constituido por 45 alumnos (22 mujeres y 23 hombres de entre 16 y 17 años de edad) quienes trabajaron agrupados en 11 equipos de cuatro o cinco integrantes (elegidos por ellos mismos). Para la mejor aplicación de la secuencia, se trabajó con el grupo durante todo un ciclo escolar con el propósito de abordar los diversos temas del programa, pero sobre todo con la idea de generar un ambiente de confianza entre los estudiantes y la profesora para la aplicación de la secuencia en la parte final del curso.

Como se ha mencionado, la secuencia didáctica está dividida en tres fases, cuyos propósitos e instrumentos de análisis se resumen a continuación:

	Propósitos	Instrumentos recuperados para análisis
FASE I	<ul style="list-style-type: none">- Diagnosticar conocimientos previos.- Introducir y motivar al tema.- Generar conocimientos básicos para la elaboración de preguntas de investigación.	<ul style="list-style-type: none">- Examen diagnóstico.- Reportes de visitas a museos.- Comentarios escritos de los estudiantes.
FASE II	<ul style="list-style-type: none">- Formulación de pregunta de investigación.- Elaboración de Diagramas Heurísticos.- Solución del problema de investigación.	<ul style="list-style-type: none">- Preguntas iniciales.- Diferentes versiones del Diagrama Heurístico.- Comentarios escritos de los estudiantes.
FASE III	<ul style="list-style-type: none">- Exposición del tema de investigación.- Evaluación del nivel de competencia argumentativa.- Evaluación del aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none">- Carteles de exposición.- Ejercicio de argumentación sobre tema de investigación.- Examen final.

5.
RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA
Y SU ANÁLISIS

Debido a que la investigación está basada en el estudio de casos, los resultados y su análisis se harán simultáneamente y de acuerdo a las fases de la secuencia aplicada, esto con el propósito de que exista una mejor descripción del proceso de aprendizaje que tuvieron los estudiantes.

Hay que recordar que para llevar a cabo este análisis, se recopilaron los materiales que los alumnos realizaron a lo largo de la secuencia, por ejemplo: los reportes de la visita a los museos, las diferentes versiones de los Diagramas Heurísticos, los carteles con los que exponen su tema, las actividades escritas de argumentación y por supuesto, los exámenes diagnóstico y final.

Tanto en la argumentación como en el proceso de planteamiento y solución del problema, se realiza una descripción del progreso de los estudiantes, indicando los logros alcanzados pero también las dificultades a las que se enfrentan (o mejor dicho, a las que nos enfrentamos). Para la argumentación se hace una medición del nivel de competencia argumentativa bajo dos situaciones: con el uso del Diagrama Heurístico y sin él. En el caso del examen, el análisis se centra en las diferencias entre el diagnóstico y el final para cada uno de los aspectos que mide dicho examen: asociación de palabras, ejercicios y argumentación.

Además, para complementar el análisis, se les pidió a los estudiantes –en varias ocasiones- que opinaran y comentaran por escrito sobre el trabajo realizado. Varias de estas opiniones sirven de mucho para fundamentar algunas de las conclusiones sobre la aplicación de la secuencia.

5.1 Fase I: Introdutoria

Los resultados de la fase introductoria se verán reflejados en la siguiente fase pues están relacionados con la motivación de los estudiantes y con la elaboración de sus preguntas. Sin embargo, dado que este trabajo está basado en la *enseñanza estratégica* (Quesada, 2008) y que una de las principales estrategias

empleadas es la visita a los museos, es importante detenerse a analizar con detalle los resultados de estas actividades.

Visitas a los museos.

Lo primero que habrá que recordar es que el trabajo en el museo se da a partir del uso de *Materiales Centrados en el Aprendizaje* que de acuerdo con Azcona (2002, en Guisasola *et al.*, 2005; Guisasola *et al.*, 2006) deben estar diseñados para tres etapas: *materiales para antes de la visita, materiales para la visita y materiales para después de la visita* (Anexos 1 a 6). Respecto a los materiales previos a la visita del Museo de Geología habrá que decir que tanto la lectura como la exposición en clase sirvieron como punto de partida para el recorrido pues aportaron información para que los alumnos pudieran comprender mejor lo exhibido en el museo. La planeación de las actividades tanto previas como dentro del museo es importante porque los alumnos se dan cuenta de la organización de las mismas y les resulta más fácil su realización. El comentario de un alumno en este sentido es:

(A9)¹⁶: *“Pues a mí me pareció bien ya que fue con anticipación, no nos agarró desprevenidos, introducción al tema, planeada...”*

La segunda etapa se realiza con los *materiales para la visita*, es decir, se trabaja con los materiales diseñados para que los alumnos realicen actividades a partir de los materiales que exhibe el museo. Cabe destacar que los reportes de estas actividades fueron trabajos muy buenos, pues los alumnos tomaron buenas fotografías y realizaron correctamente los ejercicios solicitados. (Al observar dichos trabajos conviene poner particular atención a la última actividad “Mi mineral”, pues a decir de ellos mismos fue una de las partes del trabajo que más les gustó).

¹⁶ En este trabajo, se usará la nomenclatura: (A1), (A2), (A3),... etc., para referirse al comentario de algunos alumnos sin hacer señalamiento de su identidad, el número 1, 2, 3, etc., no lleva un orden ascendente pues corresponde al código de identificación que se tiene de cada alumno en el material de análisis.

Es importante señalar que las visitas se dan al inicio de los temas y aún cuando los estudiantes no tienen mucho conocimiento sobre los mismos, pueden identificar varias cosas. Esto tiene que ver con el hecho de que como se ha dicho, los museos, por sus características, contribuyen al aprendizaje de tipo formal para todo aquel que interacciona con ellos debido a que cada visitante tiene un interés y una intencionalidad al realizar la visita (Ten, 2006). El caso más claro de este hecho es el del museo de Geología; en él, los alumnos pueden identificar, por ejemplo: los materiales alocromáticos, los minerales fluorescentes y algunos usos de minerales industriales. También pusieron en práctica conceptos relacionados con las propiedades físicas como hábito, color y brillo y sobre todo, tuvieron conocimiento de la existencia de una gran variedad de minerales, sus nombres y fórmulas. Al preguntarles a los estudiantes sobre esta actividad, algunos de sus comentarios anónimos, entregados por escrito, fueron:

(A1): *“Me pareció una idea estupenda además de que fue interesante y sorprendente ver las diversas rocas y diferentes objetos como los fósiles e impresiones acerca de lo que existe en nuestro planeta, los esqueletos enormes dándonos una idea acerca de lo que alguna vez existió; dentro de la zona de minerales me parecieron maravillosas las diversas formas, colores y estructura de ellos como algunos minerales enormes como el yeso, otras que parecían cristales comprimidos o cristales simplemente unidos, otros conformados por otro elemento y las fluorescencias de las rocas fue impresionante, los cristales enormes, etc. Me pareció verdaderamente fascinante”.*

Otro alumno (A2) manifestó: *“Me pareció muy interesante y dinámica, me gustó la visita al museo porque así pude conocer mucho mejor los tipos de minerales, su forma, color y su composición, etc., en general me parecía muy didáctica, padre porque fue dinámica y eso me ayudó a trabajar de una manera más libre al mismo tiempo que aprendía, para mí fue una muy buena forma de trabajar en temas que es mejor ver su contenido que solo escucharlo...”.*

Aquí vale la pena recordar que la Fase 1, tiene como propósito además de introducir al tema, motivar a los estudiantes para que puedan generar su pregunta de investigación. En este sentido, varios estudiantes comentaron algunas de las cosas que les habían parecido interesantes o nuevas, por ejemplo:

(A5): *“Me pareció una actividad tanto lúdica como de aprendizaje. Sobre todo porque no conocía dicho museo, a pesar de que ya había oído hablar de él. Me sorprendió la cantidad de minerales existentes y que muchos de estos ni me imaginaba que existiesen como la smithsonita [...] Me gustaron las fluoritas”.*

(A8): *“Bueno pues en lo personal me gustan mucho los minerales y bueno en general todo lo relacionado con el planeta y su naturaleza así que la visita al museo me agradó mucho, vi cosas que tal vez no imaginaba, no sólo en relación a los minerales, el área de los fósiles también estaba súper padre [...] Hubieron cosas que me sorprendieron como la muestra de sal, estuvo genial. Además de otras muestras que a la hora de elegir un material ni siquiera sabía cuál, estuvo padre...”*

Finalmente, la tercera etapa que se refiere a los *materiales para después de la visita*. Para el museo de Geología, estos materiales corresponden a:

- 1) La práctica de laboratorio, que sirvió para que los alumnos reforzaran varios conceptos vistos en las sesiones previas -incluyendo la visita al museo-, como las propiedades físicas y químicas de los minerales, el concepto de cristal y de hábito.
- 2) La actividad con TIC: los videos utilizados sirvieron para concluir el tema de minerales. Esta sesión es muy breve pero sirve para que los alumnos observen los cristales de Naica y esto de pie a la discusión sobre las condiciones necesarias para la formación de cristales de gran tamaño. Todo ello con el propósito de que se tenga un conocimiento general del tema y con ello se generen las posibles preguntas de investigación.

Después de estas actividades entramos en la etapa del uso de *materiales para antes de la visita* del Museo Franz Mayer, que se utiliza para abordar el tema de metales. Aquí es importante recordar que los objetivos de las visitas escolares –en este caso visitas a museos- es que sean educativas, lúdicas, motivadoras pero además, que tengan el carácter de *integradoras* de varias disciplinas como artes plásticas, ciencias sociales y naturales (EDUTEKA, 2003), de modo que eso es lo que se pretendió con el trabajo en este museo: que los alumnos vincularan la historia, el arte y la química a través de las propiedades de los metales.

Para este museo las actividades previas consistieron en la lectura de un texto y la realización de un cuestionario por parte de los alumnos con el cual ejercitaron su habilidad para formular preguntas, en este caso restringidas al contenido del texto, pero que sirvieron para hacer un ejercicio de identificación sobre su tipo: abiertas, cerradas y semicerradas (Chamizo y Hernández, 2000), que después servirá para que ellos formulen su propia pregunta (problema).

Después de esta actividad se realizó la visita al museo y al igual que en el Museo de Geología, los alumnos trabajaron con el *material para la visita* consistente en un formato con actividades que realizaron dentro del museo y que después reportaron.

Finalmente, después de la visita al museo y de la revisión de su reporte se trabajó con los *materiales para después de la visita*: se observó un video sobre metales y metalurgia y los alumnos resolvieron un formato con información aportada por el video, se comentaron brevemente los resultados y con ello se concluyó con esta Fase Introductoria.

Dado que la estrategia fundamental en esta primera fase es el trabajo en los museos, se puede dirigir el análisis hacia varios aspectos a partir de los comentarios de los estudiantes:

a) El trabajo dentro del museo.

Aquí hay dos puntos importantes, por un lado, el hecho de que los estudiantes tengan claras las actividades que van a realizar en la visita y por el otro, que el profesor acompañe dicha visita.

Respecto al primer aspecto, la planeación y el diseño de las actividades es fundamental para que los estudiantes pongan atención a los aspectos que se requieren y no se aburran o desaprovechen la información que brinda el museo (Guisasola, 2005). Algunos estudiantes comentaron al respecto:

(A7): *“... Me pareció bastante interesante y las actividades que realizamos ahí creo que fueron apropiadas y fáciles de realizar y pudimos darnos cuenta y hacer una investigación detallada de todo lo que había en el museo...”*

(A10): *“...En cuanto a la actividad, me agradaron mucho todas las preguntas, pues era sencillo responderlas con la información del museo”.*

(A11): *“Me pareció interesante el ir a un museo realmente a trabajar, porque en mi opinión aprendes mucho más y te das cuenta de más cosas...”*

Sin embargo, no todo es perfecto, algo que también es recurrente en las opiniones de los alumnos es que el hecho de lo numeroso del grupo: esto implicó que no pudieran escuchar bien todas las explicaciones, que costara trabajo ver algunas de las vitrinas y en general que hubiera cierto desorden:

(A14): *“... tal vez lo único que fue complicado era al momento de la explicación, todos se amontonaban y no me dejaban escuchar y ver...”*

(A16): *“El hacer este tipo de actividades resulta en lo personal muy interesante y recreativo pues agrega interés especial y extra el tema por ver, lo único malo o el inconveniente que a mi parecer surgió es que al ser un grupo extenso no se podía apreciar ni entender de la mejor manera”.*

Cabe señalar que el hecho de que se trabaje con grupos numerosos no sólo afecta una visita como esta sino que afecta cualquier otra actividad de tipo constructivista que quiera realizarse en el aula.

En cuanto al acompañamiento que el profesor debe hacer a los alumnos durante la visita, este aspecto es determinante para el buen desempeño de los estudiantes porque varios de ellos manifestaron que les ayudó la presencia de la profesora, no sólo por la plática que se da al inicio y orienta hacia el trabajo que habrán de realizar solos, sino también porque se van aclarando dudas y se sienten “acompañados” (Guisasola *et al.*, 2005; 2006). Algunos comentarios que ilustran mejor lo anterior son:

(A3): *“... Pienso que algo de gran importancia, fue que las profesoras asistieran con nosotros, ya que si teníamos alguna duda o algo por el estilo, ellas nos la podían resolver, además, también las actividades que nos dejó fueron muy importantes...”*

(A4): *“La práctica que hicimos en el museo me pareció bastante bien ya que no es lo mismo que la profesora nos mande solos y nos pida el trabajo a que la profesora vaya con nosotros y mientras vemos nos vaya explicando porque muchas veces vamos sólo para entregar el trabajo y a veces ni entendemos y ni siquiera lo relacionamos la visita con lo que vemos en clase, sin en cambio, si la profesora nos va explicando entendemos mejor”*

(A13): *“Me gustó mucho esta actividad, creo que fue una manera dinámica de aprender, también me pareció excelente que usted como maestra haya estado presente, porque no se vale que nos manden a lados y los maestros no estén trabajando a nuestro par...”*

De aquí se deduce que cuando se deja una actividad de este tipo, es muy importante que el profesor se involucre tanto como los estudiantes en la tarea

pues no sólo diseña o ayuda sino que se constituye como un *mediador* en su calidad de enlace entre el museo y la escuela (Sánchez, 2006).

b) Tomar en cuenta sus opiniones.

A lo largo de la experiencia con este trabajo, uno de las cosas más importantes que han manifestado los alumnos es el que se tomen en cuenta sus opiniones, en la prueba piloto, éste fue un aspecto reiterado y lo mismo ocurrió en esta segunda aplicación. En el caso de la actividad de los museos, se manifestó de la siguiente manera:

(A10): *“... La actividad que más me agradó fue la de Mi mineral”*

(A14): *“La visita en general me pareció muy buena y sobre todo porque no sólo era poner o escribir lo que en las hojas se pedía, si no en la última podíamos aportar nuestro punto de vista y el motivo por el cual nos agradó. Eso es algo que quisiera resaltar, me gustó mucho la idea de que tomen en cuenta nuestras opiniones y puntos de vista, gracias!”*

c) La socialización de los estudiantes.

En el desarrollo de la secuencia didáctica el trabajo en equipo es fundamental, y en estas actividades no es la excepción. Aquí lo importante es que los alumnos estén conscientes de la importancia de este trabajo tanto para el éxito de las actividades académicas como para la convivencia entre ellos. Veamos algunas opiniones:

(A17): *“... También me gustó trabajar en equipo ya que así no se te hace tan tedioso...”*

(A19): *“A mí en lo particular me encantó la visita al museo porque fuimos en grupo a conocer (y convivir) experiencias y aprender nuevas cosas que no sabíamos. Ir en grupo a la vez tiene su parte problemática si la intención del*

alumno es sólo perder el tiempo en lugar de realizar bien las actividades, pero a su vez tiene su lado positivo porque entre compañeros podemos ayudarnos y compartir ideas a la vez que convivimos y nos conocemos mejor”.

Es muy importante considerar aquí que los pares son quienes constituyen la parte más importante de la vida de los adolescentes pues son ellos (los pares) quienes contribuyen al desarrollo de una buena autoestima: los adolescentes requieren de la aceptación de los iguales, de la identificación con un grupo y del reconocimiento de ellos mismos dentro de estos grupos. De acuerdo con Allen (2005), los grupos de pares participan directa o indirectamente en facilitar la transición hacia un mundo social más extenso. De ahí que en este trabajo se haya puesto particular atención al trabajo en grupos.

Finalmente, una de las opiniones que quisiera mostrar porque manifiesta claramente un cambio de actitud hacia la visita al museo y el trabajo realizado en él es la siguiente:

(A21): *“...la verdad confieso que cuando mandó las actividades, en mis adentros pensé: <chale, eso qué>, ja, ja pero pues después de hacerlo, me pareció muy original y de mucha ayuda esas actividades porque de alguna manera era como sacar lo mejor del museo, y realmente aprender de él, francamente, no me aburrí, y yo suelo aburrirme mucho en los museos y no aprendo nada, pero esas actividades (sobre todo las fotos etiquetadas) me parecieron entretenidas y buenas...”*

Este comentario es útil porque pone de manifiesto un aspecto importante para la motivación de los estudiantes: el aburrimiento. Según Pekrun (1992, en García y Doménech, 1997 p.8): “el aburrimiento conduce a reducir la motivación intrínseca y a escapar cognitivamente de la tarea. Como resultado, la motivación total de la tarea decrecerá”, por lo que lograr diseñar y realizar actividades que no

desmotiven a los estudiantes por aburrimiento, contribuirá a que exista aprendizaje.

Como ya se mencionó al inicio, los resultados del trabajo de esta fase se verán reflejados tanto en las preguntas que los alumnos formulan para su investigación (preguntas relacionadas con la piedra filosofal, el reciclado de metales, la importancia de metales como el oro y la plata, etc.) como en las respuestas que hacen en el examen final (particularmente la pregunta de identificación de materiales y la argumentación sobre materiales polimorfos).

Conclusiones preliminares

Del análisis de esta Fase I puede concluirse que la visita a los museos es una estrategia que ayuda a complementar las actividades realizadas en el salón de clases pues permite a los estudiantes entrar en contacto con otros materiales, ambientes y actividades que los motivan a interesarse por el tema que se está estudiando. Particularmente en el caso del Aprendizaje Basado en Problemas, la visita al museo cumple la función de contribuir al conocimiento general sobre el tema y a partir de la visita pueden surgir preguntas (problemas) que sirvan para la investigación. Sin embargo, es importante señalar que esta visita sólo será exitosa si se garantizan varios aspectos como la planeación y diseño de actividades (previas, durante y posteriores a la visita), y el acompañamiento del profesor a los estudiantes durante todas las actividades relacionadas con la visita.

5.2 Fase II: Planteamiento y solución del problema

Esta fue, sin duda, la parte más compleja de toda la secuencia pero también, la más interesante. Lo primero que habrá que analizar fue el proceso de elaboración de las preguntas.

Como se ha mencionado reiteradamente, las actividades previas sirven para darles a los alumnos un panorama general de los temas y con ello se esperaba que les fuera más fácil encontrar un tema de interés y después formular una pregunta de investigación. Sin embargo este proceso fue –en algunos casos– mucho más difícil.

El primer paso para el establecimiento del tema de investigación fue que plantearan una pregunta de manera individual, este paso es importante pues los alumnos tienen que concentrarse en el tema y pensar en “algo” que tenga que ver con lo que han visto, pero que además les interese para saber más (Couso *et al.*, 2008; Córdova, 2005; Irazoque, 2005). Algunos ejemplos de las preguntas que se formularon inicialmente son:

- *¿Qué es la sustentabilidad de metales?*
- *¿Cómo saber exactamente la ubicación de cierto mineral para hacer excavaciones y de esa manera localizarlo?*
- *¿Qué tan importante ha sido el uso de los metales en el desarrollo tecnológico?*
- *¿Qué pruebas se deberían hacer para saber si en los meteoritos se encuentran otros metales aparte del hierro?*
- *¿Cuáles serían las principales consecuencias si se acabaran los metales?*
- *¿En dónde se localiza la mina más grande?*
- *¿Cómo se descubre y construye una mina?*
- *¿Cuál es el tratamiento que se le da a cada metal para su tratamiento?*
- *¿Cómo se crean los diamantes?*
- *¿Por qué la mayoría de los minerales su nombre termina en “ita”?*

Como se puede observar en los ejemplos de las preguntas que se plantearon individualmente, los temas son diversos, algunas de las preguntas son abiertas (Chamizo y Hernández, 2000) y sin duda, son interesantes y relacionadas con sus propias inquietudes (Chamizo e Izquierdo, 2007). Sin embargo, dado que el grupo era muy numeroso, es imposible llevar el seguimiento de todas las investigaciones de manera individual, por lo que se tuvo que trabajar en grupos cooperativos (Díaz-Barriga y Hernández, 2002; Sanmartí, 2002) lo que consistió en formar equipos y entre todos los integrantes elegir una pregunta de las ya planteadas o bien, formular una nueva. Vale la pena hacer algunos comentarios sobre este paso:

- En muchos casos, los estudiantes tenían idea de lo que querían saber pero no fueron capaces de formular una pregunta, por ejemplo hay quienes querían saber por qué los antiguos alquimistas creían en la existencia de la piedra filosofal, querían averiguar las “leyendas” al respecto y el por qué no es posible la existencia de tal “objeto”, así descrito parece fácil, pero plantear una pregunta que incluya estos aspectos no era tarea sencilla.
- Otros equipos, por ejemplo, plantearon preguntas como: *¿Cuál es el proceso metalúrgico más usado en México?* o *¿Cuál es el costo de producción de la joyería de plata en México?* Y como se puede ver, son preguntas cerradas. En estos casos se habló con los estudiantes sobre qué era lo que realmente querían saber a fin de plantear otro tipo de pregunta más adecuada (“abierta”)
- Existieron también otro tipo de preguntas como: *¿En qué consisten los procesos de extracción de un mineral?* La cual es una pregunta cuya respuesta es muy amplia considerando la variedad de procesos para extraer los diferentes minerales, ante este tipo de cuestiones se trató de que los estudiantes contextualizaran un poco más la pregunta para tener mayores

posibilidades de alcanzar una respuesta en el poco tiempo que se tenía para la investigación.

- Particularmente en uno de los equipos se dio el caso de que no podían escoger un tema de interés de modo que se tuvo que orientar un poco: por ejemplo, se les sugirió que pensarán en las carreras que querían estudiar y que encontrarán algún tema que estuviera relacionado.
- En la mayoría de los casos se trató de que formularan una pregunta lo más abierta posible sin embargo no se consiguió del todo. Las preguntas formuladas en una primera versión fueron:

EQUIPO¹⁷	PREGUNTA
AH1N1	<i>¿En qué consisten los procesos de extracción de los metales?</i>
Chocoretas	<i>¿Cómo afectó la explosión de la planta nuclear de Chernoville, Ucrania al medio ambiente?</i>
Copines	<i>¿Cómo son los procesos para la elaboración de joyería de plata?</i>
Equipo	<i>¿Cuál es el proceso de reciclado del hierro, aluminio y oro?</i>
Friends	<i>¿Cuál es el proceso de formación de la azurita?</i>
Grifos	<i>¿Es posible químicamente que exista la piedra filosofal?</i>
Guapísimos químicos	<i>¿Cómo se lleva a cabo la extracción de diamante en África?</i>
Hooligans	<i>¿Cuál ha sido la importancia del uso de los metales en el desarrollo industrial de México?</i>
Sobrevivientes de Balderas	<i>¿Cuál es la importancia de los metales en la mecatrónica?</i>
Sobrinos del tío Gamboín	<i>¿Cuáles son los factores que determinan el costo de un metal precioso como el oro?</i>
Totopos	<i>¿Qué es lo que determina el color de los minerales?</i>

Tabla 5.1 Preguntas formuladas por los alumnos para la primera versión del DH

¹⁷ Es importante aclarar que se les pidió a los alumnos que le pusieran nombre a su equipo: los nombres que aparecen en la columna son los escogidos por ellos, de modo que a lo largo de la descripción de los resultados y en los anexos, aparecerán reiteradamente algunos de estos nombres.

Anteriormente se mencionó que estas preguntas eran “una primera versión”, y esto es porque después de formular la pregunta, los equipos hicieron una investigación que les ayudó a darse cuenta de lo complicado que era dar respuesta a lo que habían planteado: en algunos casos (como en el de *Chocoretas*) se dieron cuenta de que por un lado, la pregunta no estaba tan relacionada con el tema como ellas creían y por otro lado, no era fácil encontrar la información que buscaban. En el caso de *Friends*, encontraron que la información que podían encontrar sobre la “azurita” era muy escasa y tampoco les satisfacía esa pregunta. Para las *AH1N1* fue también difícil quedarse con su pregunta pues se dieron cuenta de que era mucha la investigación que tenían que hacer pues son muchos metales y finalmente concluyeron que simplemente ya no les interesaba saber eso. El caso de *Sobrevivientes de Balderas* es particularmente interesante pues, como veremos más adelante, les costó mucho trabajo llegar a una “buena” pregunta: su primer intento fue totalmente fallido pues en el tiempo y con sus herramientas de búsqueda no encontraron información útil.

Con esta primera pregunta se realizó un Diagrama Heurístico¹⁸ (*DH-versión 0*), sin embargo, estos diagramas están incompletos: se nota la falta de información, la incomprensión de lo que significa cada uno de los apartados del diagrama, en algunos casos no hay respuesta ni referencias. A pesar de lo anterior, este primer intento fue muy importante porque por un lado, se generaron dudas sobre la construcción misma del Diagrama Heurístico, y por otro lado, la investigación les permitió darse cuenta de que el tema que habían escogido no era de su agrado, de que no contaban con elementos suficientes para obtener información útil, y lo más importante: que su pregunta estaba mal planteada o era muy ambiciosa. Se platicó con cada equipo sobre las experiencias encontrando que: en algunos casos debía cambiarse la redacción de la pregunta, en otros debía cambiarse totalmente el tema de la pregunta y en otros sólo había que modificar el Diagrama

¹⁸ Debe señalarse aquí, que durante el trabajo previo con los estudiantes en otros temas del programa, se pidió que realizaran un par de Diagramas Heurísticos sobre aspectos experimentales. Esto permitió que los estudiantes se acercaran al conocimiento del DH de manera más amigable y tuvieran una experiencia previa al llegar a este tema.

Heurístico. Una vez acordado lo que procedía hacer en cada uno de los equipos, se volvió a pedir el Diagrama Heurístico (*DH-versión 1*).

Del análisis del *DH-versión 1*, podemos observar que la mayoría de los equipos mejoraron tanto la cantidad como la calidad de la información que plasmaron en sus respectivos diagramas. Se puede apreciar que todos los equipos ya tienen definida su pregunta y por ello hay mayor información; en general, lo que menos se les dificulta son las aplicaciones y el lenguaje. En cuanto a los “Hechos”, algunos equipos tienen menor cantidad de puntos debido a que no hay una clara vinculación entre éstos y la pregunta, aunque no es en todos los casos.

Uno de los principales problemas que presentan la mayoría de los diagramas es que, para este momento, aún no les había quedado claro lo que tenían que escribir en la parte de “Metodología”: casi todos tienen equivocado el procesamiento de datos pues sólo escriben parte de la información que encontraron pero no la procesan ni la manipulan o si lo hacen, no es significativo ni claro lo que escriben. Además, el análisis de resultados es erróneo pues confunden éste último con la respuesta a la pregunta. Como consecuencia de lo anterior, la respuesta a la pregunta es incompleta o equivocada. En cuanto a las referencias tampoco parece haber tanto problema, sin embargo, algunos no ponen las referencias completas o no distinguen entre los tres tipos que se piden (de los hechos, de los conceptos y de la metodología).

Para ejemplificar lo dicho anteriormente, se hará el seguimiento de la evolución de los Diagramas Heurísticos de algunos equipos:

Caso: Guapísimos químicos

¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?

<p>Lenguaje: a) Diamante b) Gema c) Mina a Cielo Abierto d) Mina Subterránea e) Arenal Aluvial f) Minería Marina g) Tubos de Kimberlita h) Pipes i) Minería Artesanal j) Diamante Cullinan</p>	<p>Procesamiento de los Datos Para Obtener un Resultado:</p> <p>Inicialmente se acudió a la biblioteca en la sección de minerales para poder obtener la respuesta a la pregunta planteada, sin embargo los libros hablaban poco o nada del tema, excepto uno "Manual de Mineralogía" que junto con la búsqueda en internet ayudaron a ampliar nuestra información.</p>
<p>Modelo: *Extracción por Derrumbamiento: se dinamitan una serie de galerías y conductos conectados y hormigonados; el material es sacado. *Extracción Subterránea en Grañas: método mixto utilizado en la mina Premier en África del Sur. *Explotación Artesanal: se realiza en las terrazas de los ríos donde se extraen los diamantes de los sedimentos que los recubren del fondo. *Extracción Industrial: utilizando palas hidráulicas, dragaminas o dinamita para acceder a las terrazas diamantíferas.</p>	<p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos:</p> <p>Se encontraron diversos métodos de extracción del diamante los cuales dependen de la zona y sus características que presente.</p>

Figura 5.1 Fragmento del *DH-versión 1* de "Guapísimos químicos"

En la Fig. 5.1 observamos que no hay problema en identificar el lenguaje, aún cuando escriben términos que no son muy relevantes. Sin embargo, vemos que no hay procesamiento de datos sino más bien una descripción de lo que hicieron (que correspondería al "Procedimiento para la obtención de datos") y tampoco escriben de manera adecuada el análisis de resultados. De la misma manera, en la parte de "Modelo" escriben algunos conceptos que encontraron pero nada parecido a lo que se pide.

Caso: AH1N1

¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?

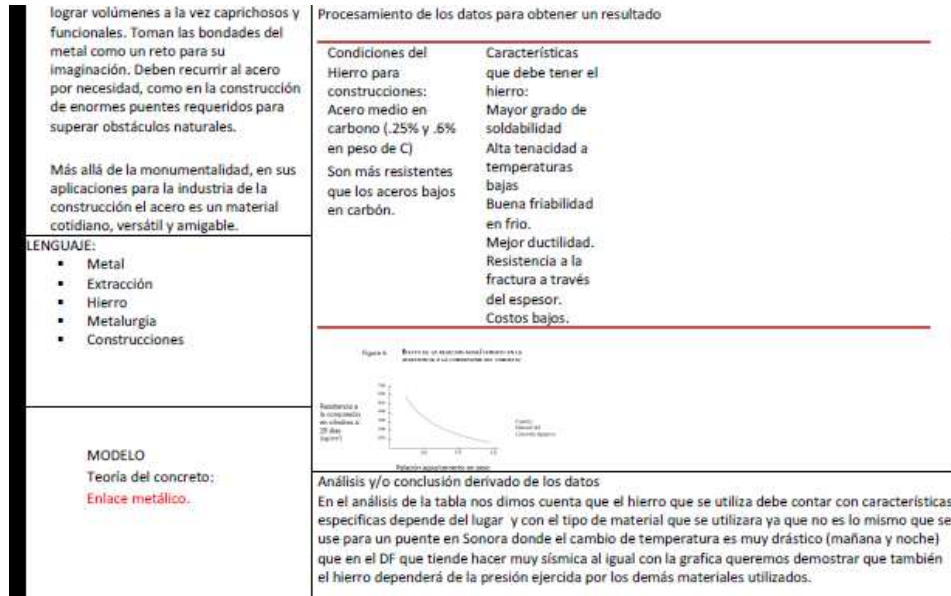


Figura 5.2 Fragmento del *DH-versión 1* de “AH1N1”

Observamos en este diagrama, que al igual que en el caso anterior no hay problema con el lenguaje. Sin embargo, no es clara la información que se plasma en el procesamiento de los datos (la gráfica que aparece no tiene relación con el tema) por lo tanto tampoco hay coherencia con el análisis de resultados. Aquí, a diferencia de la mayoría de los equipos, sí aparece un modelo que puede ayudar a explicar el tema.

Caso: Sobrevivientes de Balderas

¿En qué consisten los procesos de formación de diamantes?

Este caso es muy interesante pues el equipo tuvo muchas dificultades para realizar su investigación: en primer lugar porque no podían ponerse de acuerdo en el tema de la pregunta ya que los cuatro integrantes del equipo tenían intereses muy diversos y ninguno quería ceder a investigar lo que le interesaba al otro. Su primera elección fue fallida (como ya se mencionó anteriormente): decidieron investigar sobre mecatrónica y encontraron muy difícil obtener información de utilidad. Después de platicar con ellos y de darles orientación sobre lo que podrían escoger, decidieron investigar sobre *¿En qué consisten los procesos de formación de diamantes?* Con este tema, elaboraron su Diagrama Heurístico:

<p>minera para perforar todo tipo de rocas.</p> <p>LENGUAJE CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. YACIMIENTO: Acumulación significativa de materiales geológicos, que en algún caso pueden ser objeto de explotación humana. CRATONES: Es una masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico. METEORITO: Es un meteoróide que alcanza la superficie de un planeta debido a que no se desintegra por completo en su atmósfera. GRANOS PRE-SOLARES: son diminutas partículas de polvo que se formaron en generaciones anteriores de estrellas y en estallidos de supernovas previas a la formación del Sistema Solar. TEMPERATURA: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío. PRESIÓN: Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.</p>	<p>PROCESAMIENTO DE DATOS PARA OBTENER UN RESULTADO Formación en cratones Las condiciones para que suceda la formación de diamante en el manto de la Litósfera ocurren a profundidad considerable, correspondiendo a los requerimientos de temperatura y presión, estas profundidades están estimadas entre 140 y 190 km y de un rango de temperatura que va desde aproximadamente 900-1.300 °C. La tasa a la que la cambia la temperatura con el incremento de profundidad en la Tierra varía grandemente en diferentes partes de la Tierra. La combinación correcta de temperatura y presión sólo se encuentra en las partes gruesas, viejas y estables de las placas continentales, donde existen regiones de litósfera conocidas como cratones. Una larga estancia en la litósfera cratónica permite a los cristales de diamante crecer más grandes aún. A través de estudios de composición isotópica de carbono, se ha encontrado que el carbono de los diamantes proviene de fuentes tanto orgánicas como inorgánicas. Formación en cráteres de impacto de meteoritos Se han encontrado diamantes muy pequeños, conocidos como <i>microdiamantes</i> o <i>nanodiamantes</i>, en los cráteres de impacto de meteorito. Tales eventos de impacto crean zonas de choque de alta presión y temperatura, idóneas para la formación de diamantes. Formación extraterrestre Un tipo de diamante denominado diamante carbonado, puede haberse depositado ahí vía un impacto de asteroide (no formado por el impacto) hace aproximadamente 3 mil millones de años. Estos diamantes pueden haberse formado en el medio interestelar. Los granos pre-solares en muchos meteoritos encontrados sobre la Tierra contienen nanodiamantes de origen extraterrestre, formados probablemente en supernovas. La evidencia científica indica que las estrellas enanas blancas tienen un núcleo de carbono y oxígeno cristalizado, y su núcleo estelar está descrito como diamante. TIPOS DE YACIMIENTOS Primarios: son cavidades cónicas expulsadas por rocas volcánicas saliendo a flote en una explosión terrestre Secundarios: son aquellos hechos por agentes atmosféricos. Bajo el paso del tiempo los diamantes pudieron desprenderse y fueron arrastrados por las aguas de los ríos y arroyos.</p>
<p>MODELO Para extraer la belleza de una gema de diamante son necesarios una serie de procesos. Estos son la exfoliación, la aserradura, la talla y el pulimento, que en conjunto crean la talla de diamantes y son las técnicas más precisas y difíciles del arte lapidario. Su primer objetivo es sacar fuego y brillo de la piedra; de igual importancia es la eliminación de imperfecciones, como grietas y rajaduras.</p>	<p>ANALISI Y/O CONCLUSION DERIVADO DE LOS DATOS En base a lo anterior obtenido podemos deducir que para la formación de diamantes se necesitan factores que no son muy comunes en la tierra, debido a esto y a su belleza son muy codiciados y de valor estratosférico. El carbono necesita estar de 140 a 190 km de profundidad y a una temperatura de entre 900 °C y 1300 °C, aunado a una fuerte presión para la formación de este.</p>

Figura 5.3 Fragmento del *DH-versión 1* de “Sobrevivientes de Balderas”

Como vemos, aún falta mucha comprensión de lo que va en cada uno de los apartados, como para este momento tenían poco tiempo de investigar (pues no

definieron su pregunta prácticamente hasta la quinta sesión dedicada a los Diagramas Heurísticos) se nota aquí sólo un vaciado de la información que encontraron sin procesamiento ni asimilación del tema para dar respuesta a la pregunta.

Caso: Chocoretas

¿Por qué hay estalactitas y estalagmitas?


Lenguaje Estalactita Estalagmita Gruta	Procesamiento de los datos para obtener un resultado filtración de agua con minerales		Se forma de la																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Característica</th> <th>Estalactita</th> <th>Estalagmita</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Se forma</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Minerales</td> <td>Carbonato de Calcio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Crecimiento</td> <td>2,5 cm cada 100 o 150 años</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Forma</td> <td>Cilíndrica hueca y de poco espesor</td> <td>Cilíndrica y sólida</td> </tr> <tr> <td>Formación</td> <td>Caen desde el techo</td> <td>Ascienden desde el suelo</td> </tr> <tr> <td>Lugar</td> <td>Cuevas de piedra caliza</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Característica	Estalactita	Estalagmita	Se forma			Minerales	Carbonato de Calcio		Crecimiento	2,5 cm cada 100 o 150 años		Forma	Cilíndrica hueca y de poco espesor	Cilíndrica y sólida	Formación	Caen desde el techo	Ascienden desde el suelo	Lugar	Cuevas de piedra caliza		
Característica	Estalactita	Estalagmita																					
Se forma																							
Minerales	Carbonato de Calcio																						
Crecimiento	2,5 cm cada 100 o 150 años																						
Forma	Cilíndrica hueca y de poco espesor	Cilíndrica y sólida																					
Formación	Caen desde el techo	Ascienden desde el suelo																					
Lugar	Cuevas de piedra caliza																						
Modelo Cristalización de minerales. La operación de cristalización es aquella por medio de la cual se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. Es una operación necesaria para todo producto químico que se presenta comercialmente en forma de polvos o cristales, ya sea el azúcar o sacarosa, la sal común o cloruro de sodio.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos En base a nuestro procesamiento de datos nos dimos cuenta que las estalactitas y estalagmitas se forman por la filtración de agua con minerales (en especial Carbonato cálcico CaCO_3) y al escurrir van depositando sus minerales, así se forman las estalactitas, y al caer el agua sucede lo mismo pero de abajo hacia arriba y se forman estalagmitas, Tienen forma cilíndrica, hueca, de poco espesor. Crecen alrededor de 2.5 cm cada 100 o 150 años. Se forman en cuevas de piedra caliza y al unirse forman columnas.																						

Figura 5.4 Fragmento del *DH-versión 1* de “Chocoretas”

Como podemos observar hay una mejor comprensión de lo que se pide en cada caso: en el lenguaje no se escriben demasiados conceptos aunque sí los imprescindibles. Hay un procesamiento de los datos en una tabla y algunas imágenes que ayudan a la ejemplificación de lo que se investiga. De la misma manera, aparece un modelo que ayuda a explicar el tema y el análisis de resultados tiene correspondencia con el procesamiento de datos. Este es uno de

los pocos casos en que, desde el principio, los alumnos tuvieron más claridad de lo que se debía poner en el Diagrama Heurístico.

Después de este *DH- versión 1*, se empezaron a tener dificultades: al parecer, los estudiantes comenzaron a perder interés en la tarea y al pedirles un siguiente Diagrama observamos que en la mayoría de los casos no había mejoras y no sólo eso: al preguntarles el por qué de la falta de avances simplemente decían *que no habían investigado, que no se habían puesto de acuerdo, que no entendían, que no encontraban suficiente información, etc.*

Este fue un momento decisivo para el desarrollo del trabajo pues al parecer, la elaboración del Diagrama les representaba tal reto y tal dificultad que estaban cansados, preferían “abandonar la misión” que esforzarse más. Aquí es importante recalcar , una vez más, la motivación de los alumnos: de acuerdo con García y Doménech (1997), para que el alumno se sienta motivado para aprender unos contenidos de forma significativa es necesario que les pueda atribuir sentido, que la situación de aprendizaje se le presente atractiva e interesante, pero además, se requiere la existencia de una distancia óptima entre lo que el alumno ya sabe y el nuevo contenido de aprendizaje: “si la distancia es excesiva, el alumno se desmotiva porque cree que no tiene posibilidades de asimilarlo o de atribuir significado al nuevo aprendizaje, y si la exigencia del profesor persiste puede generar ansiedad en el estudiante”. Con base en mi experiencia como profesora y mi conocimiento del grupo en el tiempo que ya teníamos trabajando, puedo decir que lo que estaba pasando en el grupo era que se estaba generando ansiedad y desmotivación por la complejidad del tema que investigaban, pero sobre todo, por la dificultad para elaborar el Diagrama Heurístico.

Ante esta situación, se decidió (junto con el tutor) hacer un alto en el camino y establecer una comunicación con ellos para entender lo que sucedía y sobre todo, para poder dar solución a la problemática. Dice Sanmartí (2002, p. 330) que “la situación de aprendizaje es fundamentalmente una situación social de

comunicación y un lugar de interacción entre el profesorado y alumnado y entre los mismos alumnos en torno a la tarea o a un contenido específico". De modo que se habló con ellos pero primero, se "escuchó" lo que ellos tenían que decir sobre estas actividades. En realidad, escuchar a cada uno de ellos a manera de entrevista o algo parecido era muy complicado por el tiempo que llevaría el proceso, pero sobre todo porque no es sencillo que de manera directa los alumnos expresen con sinceridad sus inquietudes, quejas u opiniones, así que se optó por pedirles de manera escrita y anónima su opinión sobre lo que se estaba pasando. El primer paso fue comentar con los alumnos el último diagrama que entregaron (sus aciertos y errores) y se les pidió que escribieran los problemas que habían tenido con esta actividad: cómo estaba el trabajo con sus equipos, qué problemas tuvieron con la pregunta y la investigación, qué opinaban del Diagrama Heurístico y finalmente qué aprendizajes habían tenido con la realización de este trabajo.

Después de leer sus escritos se encontró que uno de los grandes problemas para algunos de los equipos era que para ese momento ya no trabajaban bien entre ellos, ya sea porque algunos se hacían "de la vista gorda", otros simplemente ya estaban peleados y algunos otros equipos no se ponían de acuerdo para trabajar, no se organizaban o sencillamente alguno de los integrantes quería ser protagonista.

El siguiente punto que fue importante es que reconocieron la dificultad que tuvieron para elaborar una buena pregunta y en muchos casos se dieron cuenta también de que ésa era la razón por la cual "fracasaron" en sus primeras investigaciones. Algunos otros mencionaron las dificultades que tuvieron para hacer la investigación: buscaron en páginas que les confundieron más o que no hablaban de lo que ellos buscaban. Algo que es sumamente interesante es que varios de ellos mencionan la importancia de tener una buena pregunta antes de iniciar la investigación y otros reconocen que hay que buscar más allá de "*wikipedia*".

En cuanto al Diagrama Heurístico, hay opiniones encontradas, algunos dijeron que no les servía de nada y que era muy complicado; otros que estaba bien para temas cortos o prácticas de laboratorio pero no para temas "tan largos". Sin embargo, otros más dijeron que les había servido para plasmar "un resumen" del tema.

Por otro lado, muchos aún tenían dificultades para comprender qué iba en cada apartado: qué en las aplicaciones, qué en el modelo, qué en el análisis, qué en la metodología, etc. Otros dijeron que al principio no le entendían pero que después de hacer tantos ya no les costaba tanto trabajo.

Finalmente en lo que habían aprendido, hubo de todo: desde los que decían que aprendieron muchísimo de cosas que ni se imaginaban hasta los que dijeron que sí, aprendieron algo, pero no mucho.

De entre los comentarios también salió a relucir el que no tuvieron mucho tiempo por todas las actividades de las otras materias (aunque varios coincidieron en que "eso no es pretexto").

Algunas de las opiniones que dieron los estudiantes se transcriben a continuación (se han seleccionado las que aportan una opinión más completa sobre todos los aspectos: equipo, pregunta e investigación, Diagrama Heurístico y aprendizaje):

(A1): "Equipo: Al principio del curso el equipo estuvo unido, pero al regresar de vacaciones de Navidad, todo cambió, un integrante de nuestro equipo tuvo problemas con otro. Por lo que el trabajo con esa persona dejó de ser igual; al principio no ayudaba mucho esa persona, pero hacía el esfuerzo, pero ahora ha dejado de hacerlo; yo soy una persona que no le gustan los problemas por lo que traté de volver a integrarlo, pero no pude, y bueno, los demás integrantes sí participan y con ellos no hay problemas."

Pregunta de investigación: En este punto casi no hay problemas, excepto que las fuentes de consulta son las más populares: wikipedia, rincón, tareas.com, etc. y la mayoría de la tarea sale de ahí, pero cabe aclarar que yo trato de evitar en lo más posible esas páginas, he encontrado muy buenas páginas de España, Perú, Argentina, etc. las cuales ayudan más, por lo que casi no hay problema en este apartado.

Diagrama Heurístico: Al principio cuando empezamos con el Diagrama Heurístico yo no sabía qué diantres era eso, por lo que hice lo necesario para entender este tipo de diagrama y sí, sí lo entendí, sólo que es difícil encontrar la pregunta adecuada.

Aprendizaje: En primer lugar aprendí una nueva forma de sintetizar un tema, y pues cosas que no sabía o que sabía las reforcé y entendí el por qué de algunas cosas y aunque no me gusta mucho la química, quiero aclarar que me gusto la clase”.

Una segunda opinión:

(A2): “Equipo: Pues no tengo queja contra mi equipo, generalmente nos tardamos mucho pero siempre llegamos a un común acuerdo.

Pregunta e investigación: Me ha costado trabajo porque siempre trato de hacer una comparación entre la información que aparece en diferentes fuentes y a veces no sé cuál es la más confiable; también al seguir comparando veo que aparece una información totalmente diferente y esto me confunde más.

Diagrama Heurístico: Todavía me cuesta trabajo la parte de la metodología, de hecho me es difícil redactar todo de tal manera que quede en ese pequeño espacio. El concepto de Aplicaciones me confunde mucho porque siento que lo que pienso va en Hechos. La parte del Modelo todavía me cuesta trabajo porque no sé qué poner.

Aprendizaje: Este tema me ha servido mucho porque yo no sabía que el oro era considerado un metal perfecto porque (además de sus propiedades) no se oxida con el paso de los años y de ahí viene su gran importancia y valor, además en el

ámbito económico el oro es muy importante porque su valor no está regido por la economía de un país.”

Esta sesión de “catarsis” puede ser analizada desde dos puntos de vista: el primero, es que a partir de estos comentarios se pudo retomar el camino para que los alumnos concluyeran con éxito su investigación y el segundo, y tal vez más importante, es que la actividad sirvió para la propia metacognición y autorregulación de los estudiantes (Díaz-Barriga y Hernández, 2002; Quesada, 2008; Sanmartí, 2002): se dieron cuenta de lo que funcionó y no funcionó en su proceso de investigación y en su interacción con los compañeros; además, reflexionaron en lo que les faltaba saber o comprender y también en lo que habían aprendido.

Después de la lectura de todos sus comentarios, se tuvieron que tomar algunas decisiones para lograr que los estudiantes retomaran el interés por la tarea. De acuerdo con Ames (1992, en Díaz-Barriga y Hernández, 2002; García y Doménech, 1997), existen una serie de factores y procesos involucrados en la motivación escolar y este último, propuso un modelo de promoción del aprendizaje de los estudiantes conocido como TARGET (*Task, Autonomy, Recognition, Grouping, Evaluation, Time*), a partir de este modelo se derivan una serie de principios para la organización motivacional de la instrucción que pueden ser aplicados al aula, dichos principios abarcan: a) la forma de presentar y estructurar la tarea para promover su interés intrínseco y significatividad; b) el nivel de autonomía del estudiante en las decisiones y actividades escolares; c) la naturaleza y uso de reconocimientos y recompensas a la clase; d) los procedimientos de agrupamiento y organización cooperativa de las actividades; e) la naturaleza y uso de los procedimientos de evaluación del aprendizaje; f) el manejo del tiempo y la programación flexible de las actividades; y uno más propuesto por Woolfolk (1996, en Díaz-Barriga y Hernández, 2002): g) las expectativas que tiene el propio docente, los mensajes que transmite a sus

estudiantes y el modelado que hace de la manera de afrontar las tareas y valorar los resultados.

De modo que tomando en cuenta estos principios, en la siguiente clase se volvió a hablar con los estudiantes a fin de llegar a acuerdos. El primer punto a tratar fueron los logros que ya habían alcanzado con sus trabajos, se reconoció la dificultad de la tarea que se les estaba pidiendo, pero al mismo tiempo se les expresó lo bien que hasta ahora habían trabajado a pesar de las dificultades. El segundo punto fue la cuestión de los equipos y para ello hablamos sobre la responsabilidad, el compromiso, la necesidad de que se comprometieran todos al trabajo (y si no había tal compromiso que se asumieran las consecuencias). El tercer aspecto fue lo relacionado al poco tiempo que habían tenido debido a sus actividades en las otras materias así que se llegó al acuerdo de dar más tiempo para complementar sus investigaciones en el entendido de que ellos se esforzarían por cumplir con lo que se les pedía en correspondencia con el tiempo extra que se les había otorgado. (Aquí no hubo opción: se tuvo que modificar la secuencia de actividades para dar más tiempo a la elaboración de los Diagramas: se invirtió la exposición de los carteles a una sesión previa a la entrega de la última versión del Diagrama Heurístico y se dispuso de una sesión más para la elaboración del examen final, de modo que la secuencia se realizó en 13 sesiones).

Además de lo anterior, se volvió a dar una explicación más detallada de lo que significaba cada uno de los apartados del diagrama y para que les fuera más claro se proporcionó el siguiente formato de un *Instructivo para el llenado del Diagrama Heurístico*, con algunas notas que precisaran cada apartado (Ver Figura 5.5)

Instructivo para el llenado del Diagrama Heurístico

Diagrama heurístico sobre:		Pts
HECHOS (Poner dos hechos: uno relacionado a las observaciones que se hayan hecho sobre el tema de manera personal y otro que tenga que ver con las primeras investigaciones que se hayan hecho sobre el tema)		
PREGUNTA (Se requiere que sólo sea UNA pregunta –abierta y contextualizada lo más posible- por lo que como regla general hay que evitar la conjunción “y” en el enunciado)		
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	
Aplicaciones: (Esta es la parte más “aterrizada” del tema, es decir, se escribe la UTILIDAD de lo que investigamos. Es la parte “práctica” de la investigación)	Procedimiento para la obtención de datos: (Aquí hay que detallar y precisar el proceso que seguimos para obtener información. Hay que especificar en qué fuentes de consulta buscamos, a quién le preguntamos, a dónde fuimos a buscar, etc. CON TODO DETALLE)	
Lenguaje (Es una especie de GLOSARIO de la investigación. Todos los conceptos importantes que mencionemos en la respuesta y modelo deben estar señalados aquí)	Procesamiento de los datos para obtener un resultado (Se refiere al procesamiento que hacemos nosotros de datos. Pueden hacerse tablas, gráficas, cuadro sinóptico, mapa conceptual, diagramas, dibujos, etc. Cualquier cosa que ayude a resumir la información más importante.)	
Modelo (Se refiere al modelo teórico que se usa para dar explicaciones sobre el tema de la pregunta. Por ejemplo: modelos atómicos, teorías, etc. Para esta investigación, el primer paso es identificar qué tipo de modelo podría corresponder a su tema, por ejemplo: un modelo científico, un modelo económico, un modelo filosófico o un modelo histórico. El siguiente paso sería poder identificar específicamente el modelo que explica lo que investigamos)	Análisis y/o conclusión derivado de los datos (Aquí hay que poner el análisis que hagamos de los datos después del procesamiento: ¿qué concluimos de las gráficas o tablas, etc.? NO ES LA RESPUESTA A LA PREGUNTA.)	
RESPUESTA (Explicación que RESPONDE a la PREGUNTA. Incluye en la redacción de la respuesta al lenguaje, al análisis y al modelo)		
REFERENCIAS De los hechos: (Deben ser muy específicas y completas) De los conceptos: De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		

Figura 5.5 Segunda versión del Instructivo para el Diagrama Heurístico

De este nuevo formato, además de que se vuelve a dar una breve explicación de lo que va en cada apartado, lo más destacable es que se enfatiza que el Modelo, sirve para dar explicación a la pregunta, y que para esta investigación se habrá de identificar en dos tiempos: primeramente se identificará sólo el tipo de modelo al que pertenece la explicación de su pregunta (por ejemplo: modelo científico, histórico, filosófico, etc.) y después, de acuerdo con sus conocimientos, se podrá identificar el modelo específico que explique la pregunta. Respecto a los modelos, cabe destacar que aunque la importancia del uso de modelos y modelaje en la educación en ciencias ha venido destacándose en los últimos años (Gilbert, 2000; Chamizo, 2010), aún es un tema prácticamente desconocido tanto por docentes como por alumnos, de allí que este objetivo de identificación del modelo que explicara su pregunta, prácticamente no se alcanzó en la mayoría de los equipos.

Finalmente, se trató de motivarlos nuevamente sobre la importancia de la elaboración del Diagrama Heurístico: explicándoles lo que significaba en términos de comprensión y de desarrollo de habilidades. Adicionalmente, se les apoyó con una guía de “*Búsqueda de información en Internet*”¹⁹ y a algunos equipos, con información específica sobre su tema de investigación debido a que ésta era una de sus principales dificultades.

Después de este momento de diálogo y ajuste, se pidió nuevamente el Diagrama Heurístico (*DH-versión 2*). Esta vez, el Diagrama sería evaluado y las evaluaciones se darían a conocer a los estudiantes (lo cual no ocurrió en el *DH-versión 1* pues sólo se hizo una revisión de manera general sin darles a conocer la suma de los puntos), comparándolas con su propia autoevaluación.

¹⁹ Descargado de:

<http://www.ite.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2002/proteinas/manuales/guiabuscar.pdf>

En términos generales, hubo mejoras en esta *versión 2* con respecto a la anterior, se puede apreciar una mayor comprensión del propio tema y mejor dominio de la información. Debido a que en la revisión anterior se enfatizaron los errores en la metodología y modelo, es aquí en donde se aprecian las mejoras. Como se mencionó anteriormente, esta versión fue evaluada con mayor detalle por lo que se les hicieron todos los comentarios pertinentes para corregir todos y cada uno de los aspectos, por ejemplo: se evaluó que hubiese al menos dos hechos y que en ellos estuviera basada la pregunta. En el caso de la pregunta debía ser sólo una y no estar redactada de forma tal que se sugiriera una segunda cuestión. Se vio también la correspondencia entre análisis de datos y procesamiento de los mismos, así como la concordancia de la respuesta con la pregunta.

Analizando los mismos ejemplos que para la *versión 1*, tenemos lo siguiente para el *DH-versión 2*:

Caso: Guapísimos químicos

¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?

Lenguaje: a) Diamante b) Gema c) Mina a Cielo Abierto d) Mina Subterránea e) Arenal Aluvial f) Minería Marina g) Tubos de Kimberlita h) Pipes i) Minería Artesanal j) Diamante Cullinan	Procesamiento de los Datos Para Obtener un Resultado:		
	Minas	Procesos	Descripción del Proceso
	A Cielo Abierto	Artesanales	Se realiza en las terrazas de los ríos donde se extraen los diamantes de los sedimentos que los recubren del fondo.
		Aluviales	Encontrada a gran distancia en los lechos actuales o antiguos de los ríos.
Subterráneas	Industrial	Utilizando palas hidráulicas, dragaminas o dinamita para acceder a las terrazas diamantíferas.	
	Por Derrumbamiento	Se dinamitan una serie de galerías y conductos conectados y homigonadas; el material es sacado.	
	En Gradadas	Método mixto utilizado en la mina Premier en África del Sur.	
Modelo: Tipo científico	Análisis y/o conclusión derivado de los datos: Se encontraron diversos métodos de extracción del diamante los cuales dependen de la zona y sus características que presente.		

Figura 5.6 Fragmento del *DH-versión 2* de “Guapísimos Químicos”

Aquí se muestra un mejor procesamiento de los datos y el análisis, aunque breve, está relacionado con éstos. Dadas las indicaciones, identifican –al menos- el tipo de modelo que podría explicar la pregunta.

Caso: AH1N1

¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?

<p>volúmenes a la vez capriciosos y funcionales. Toman las bondades del metal como un reto para su imaginación. Deben recurrir al acero por necesidad, como en la construcción de enormes puentes requeridos para superar obstáculos naturales.</p> <p>Más allá de la monumentalidad, en sus aplicaciones para la industria de la construcción el acero es un material cotidiano, versátil y amigable.</p>	<p>web y videos.</p> <p>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Condiciones del Hierro para construcciones:</th> <th style="width: 25%;">Características que debe tener el hierro:</th> <th style="width: 25%;"></th> <th style="width: 25%;"></th> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Acero medio en carbono (.25% y .6% en peso de C)</p> <p>Son más resistentes que los aceros bajos en carbón.</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>Mayor grado de soldabilidad</p> <p>Alta tenacidad a temperaturas bajas</p> <p>Buena friabilidad en frío.</p> <p>Mejor ductilidad.</p> <p>Resistencia a la fractura a través del espesor.</p> <p>Costos bajos.</p> </td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Costos de varillas costo</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Tipo de varilla</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">por tonelada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Varilla de 3/8"</td> <td style="text-align: right;">\$7,900.00</td> <td style="text-align: right;">\$63.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 1/2"</td> <td style="text-align: right;">\$7,900.00</td> <td style="text-align: right;">\$111.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 5/8"</td> <td style="text-align: right;">\$7,900.00</td> <td style="text-align: right;">\$176.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 3/4"</td> <td style="text-align: right;">\$7,900.00</td> <td style="text-align: right;">\$253.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 1"</td> <td style="text-align: right;">\$7,900.00</td> <td style="text-align: right;">\$447.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</p> <p>En el análisis de la tabla nos dimos cuenta que el hierro que se utiliza debe contar con características específicas depende del lugar y con el tipo de material que se utilizara ya que no es lo mismo que se use para un puente en Sonora donde el cambio de temperatura es muy drástico (mañana y noche) que en el DF que tiende hacer muy sísmica al igual con la grafica queremos demostrar que también el hierro dependerá de la presión ejercida por los demás materiales utilizados.</p>	Condiciones del Hierro para construcciones:	Características que debe tener el hierro:			<p>Acero medio en carbono (.25% y .6% en peso de C)</p> <p>Son más resistentes que los aceros bajos en carbón.</p>	<p>Mayor grado de soldabilidad</p> <p>Alta tenacidad a temperaturas bajas</p> <p>Buena friabilidad en frío.</p> <p>Mejor ductilidad.</p> <p>Resistencia a la fractura a través del espesor.</p> <p>Costos bajos.</p>			Tipo de varilla	por tonelada		Varilla de 3/8"	\$7,900.00	\$63.00	Varilla de 1/2"	\$7,900.00	\$111.00	Varilla de 5/8"	\$7,900.00	\$176.00	Varilla de 3/4"	\$7,900.00	\$253.00	Varilla de 1"	\$7,900.00	\$447.00
Condiciones del Hierro para construcciones:	Características que debe tener el hierro:																										
<p>Acero medio en carbono (.25% y .6% en peso de C)</p> <p>Son más resistentes que los aceros bajos en carbón.</p>	<p>Mayor grado de soldabilidad</p> <p>Alta tenacidad a temperaturas bajas</p> <p>Buena friabilidad en frío.</p> <p>Mejor ductilidad.</p> <p>Resistencia a la fractura a través del espesor.</p> <p>Costos bajos.</p>																										
Tipo de varilla	por tonelada																										
Varilla de 3/8"	\$7,900.00	\$63.00																									
Varilla de 1/2"	\$7,900.00	\$111.00																									
Varilla de 5/8"	\$7,900.00	\$176.00																									
Varilla de 3/4"	\$7,900.00	\$253.00																									
Varilla de 1"	\$7,900.00	\$447.00																									
<p>LENGUAJE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metal ▪ Extracción ▪ Hierro ▪ Metalurgia ▪ Construcciones ▪ Acero ▪ Tipos de acero 	<p>MODELO</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo Económico ▪ Enlace metálico 																										

Figura 5.7 Fragmento del DH-versión 2 de "AH1N1"

Hay también un mejor procesamiento de los datos aunque aún es incompleto. Se identifican dos tipos de modelos: uno económico y otro científico que por el tipo de pregunta pudieron identificar con más facilidad (modelo del enlace metálico). De la misma manera, el análisis es más completo y más relacionado a los datos.

Caso: Sobrevivientes de Balderas

¿Por qué el carbono cristaliza de diferentes formas?

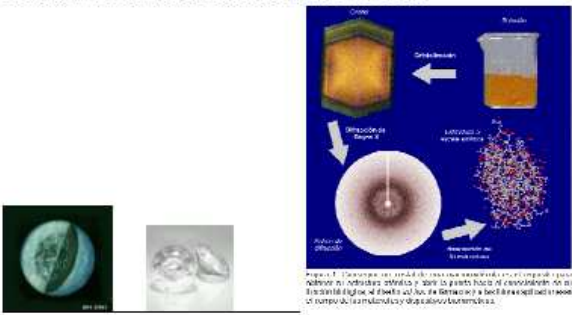

<p>gran parte de las regiones del mundo.</p> <p>LENGUAJE</p> <p>CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C.</p> <p>VACIAMIENTO: Acumulación significativa de materiales geológicos, que en algún caso pueden ser objeto de explotación humana.</p> <p>CRATONES: Es una masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico.</p> <p>METEORITO: Es un meteoróide que alcanza la superficie de un planeta debido a que no se desintegra por completo en su atmósfera.</p> <p>GRANOS PRE-SOLARES: son diminutas partículas de polvo que se formaron en generaciones anteriores de estrellas y en estallidos de supernovas previos a la formación del Sistema Solar.</p> <p>TEMPERATURA: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío.</p> <p>PRESION: Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.</p> <p>ALOTROPÍA: En química es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes.</p> <p>GRAFITO: es una de las formas alotrópicas en las que se puede presentar el carbono junto al diamante y los fulerenos.</p> <p>DIAMANTE: es el alótropo del carbono donde los átomos de carbono están dispuestos en una variante de la estructura cristalina cúbica centrada en la cara denominada red de diamante.</p> <p>CARBON: es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla.</p> <p>Cristalización: es el proceso por el cual se forma un sólido cristalino, ya sea a partir de un gas, un líquido o una disolución.</p>	<p>PROCESAMIENTO DE DATOS PARA OBTENER UN RESULTADO</p>  <p>Figura 5.8 Fragmento del DH-versión 2 de "Sobrevivientes de Balderas".</p> 
<p>MODELO: FORMAS DE FRONTERAS ITER-CRISTALINAS: UN MODELO ALTERNATIVO</p> <p>Se propone un modelo de nucleación y crecimiento de granos y esferulitos durante la solidificación. El modelo fundamentado en consideraciones puramente geométricas y cinéticas, (no energéticas), ofrece una explicación la cual ofrece una explicación a la curvatura de las fronteras inter-cristalinas, la cual permite además el cálculo de la razón entre el proceso de nucleación y la del crecimiento. El modelo se aplica exitosamente a la cristalización isométrica.</p>	<p>ANALISI Y/O CONCLUSION DERIVADO DE LOS DATOS</p> <p>En base a lo anterior podemos afirmar que las propiedades físicas de las tres formas del carbono difieren considerablemente a causa de las diferencias en su estructura cristalina. En el diamante, el material más duro que se conoce, cada átomo está unido a otros cuatro en una estructura tridimensional, mientras que el grafito consiste en láminas débilmente unidas de átomos dispuestos en hexágonos. El carbono amorfo se caracteriza por un grado de cristalización muy bajo.</p>

Figura 5.8 Fragmento del DH-versión 2 de "Sobrevivientes de Balderas"

Debido a que este equipo iba más atrasado que el resto en el tiempo de investigación, después de el *DH-versión1*, se dieron cuenta de que querían cambiar su pregunta a las formas alotrópicas del carbono de modo que para esta versión, la pregunta fue: *¿Por qué el carbono cristaliza en diferentes formas?*

En cuanto a la elaboración del diagrama, al cambiar la pregunta, cambió también lo que debían escribir y vemos que aún no hay mucha claridad en cuanto al procesamiento de los datos, sin embargo aparecen algunas imágenes que sí corresponden al tema. Pueden identificar un "modelo" aunque este no sea el más adecuado para ayudar con la explicación. El análisis de datos aunque tiene que ver con el tema de manera correcta, no deriva del procesamiento de datos.

Caso: Chocoretas.

¿Por qué hay estalagmitas?


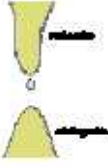

Lenguaje *Estalactita *Estalagmita *Gruta *Carbonato de Calcio *Cristalización	Procesamiento de los datos para obtener un resultado de agua con minerales																			
	Se forma de la filtración																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Característica</th> <th>Estalactita</th> <th>Estalagmita</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Minerales</td> <td>Carbonato de Calcio</td> <td>Carbonato de Calcio</td> </tr> <tr> <td>Crecimiento</td> <td>2.5 cm cada 100 o 150 años</td> <td>2.5 cm cada 100 o 150 años</td> </tr> <tr> <td>Forma</td> <td>Cilíndrica hueca y de poco espesor</td> <td>Cilíndrica y solida de poco espesor</td> </tr> <tr> <td>Formación</td> <td>Caen desde el techo</td> <td>Ascienden desde el suelo</td> </tr> <tr> <td>Lugar</td> <td>Cuevas de piedra caliza</td> <td>Cuevas de piedra caliza</td> </tr> </tbody> </table>	Característica	Estalactita	Estalagmita	Minerales	Carbonato de Calcio	Carbonato de Calcio	Crecimiento	2.5 cm cada 100 o 150 años	2.5 cm cada 100 o 150 años	Forma	Cilíndrica hueca y de poco espesor	Cilíndrica y solida de poco espesor	Formación	Caen desde el techo	Ascienden desde el suelo	Lugar	Cuevas de piedra caliza	Cuevas de piedra caliza	
Característica	Estalactita	Estalagmita																		
Minerales	Carbonato de Calcio	Carbonato de Calcio																		
Crecimiento	2.5 cm cada 100 o 150 años	2.5 cm cada 100 o 150 años																		
Forma	Cilíndrica hueca y de poco espesor	Cilíndrica y solida de poco espesor																		
Formación	Caen desde el techo	Ascienden desde el suelo																		
Lugar	Cuevas de piedra caliza	Cuevas de piedra caliza																		
	  																			
Modelo Cristalización de minerales. La operación de cristalización es aquella por medio de la cual se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. Es una operación necesaria para todo producto químico que se presenta comercialmente en forma de polvos o cristales, ya sea el azúcar o sacarosa, la sal común o cloruro de sodio.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos En base a nuestro procesamiento de datos nos dimos cuenta que las estalactitas y estalagmitas se forman por la filtración de agua con minerales (en especial Carbonato cálcico CaCO_3) y al escurrir van depositando sus minerales, así se forman las estalactitas, y al caer el agua sucede lo mismo pero de abajo hacia arriba y se forman estalagmitas, Tienen forma cilíndrica, hueca, de poco espesor. Crecen alrededor de 2.5 cm cada 100 o 150 años. Se forman en cuevas de piedra caliza y al unirse forman columnas.																			

Figura 5.9 Fragmento del DH-versión 2 de “Chocoretas”

Como en este equipo, desde el inicio se tuvo claridad en la pregunta y en la elaboración del Diagrama, prácticamente no se aprecian cambios sustanciales, sin embargo, hay mejoras en el acomodo de la información, en la redacción y hay un ligero aumento en el lenguaje.

Después de la evaluación de esta versión y los respectivos comentarios, se pidió que realizaran la última versión (*DH-versión 3*) y que pusieran atención a su autoevaluación.

El *DH-versión 3* de los casos que se han venido analizando, se muestran a continuación con el fin de dar seguimiento al avance de estos cuatro equipos:

Caso: Guapísimos químicos

¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?

Guapísimos Químicos

Grupo: 519

Diagrama Heurístico: Minería		Pts.															
Hechos: El diamante es un mineral muy valorado en el mundo debido a sus propiedades y estética; África es un gran productor de este mineral. Así como en África, hemos encontrado muchas minas con diferentes características alrededor del mundo en las cuales varían los métodos de extracción.		2															
Pregunta: ¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?		3															
Conceptos Aplicaciones: Diamante: usado en dos categorías; una como gemas para la ornamentación, y otra en la industria donde son valorados mayoritariamente por su dureza y conductividad térmica y usados corte, perforación, lijado y pulido.	Metodología Procedimiento para la Obtención de Datos: Se investigo en la Biblioteca de la Prepa 9 y se consultó el libro de Manual de Mineralogía en el cual se encontró una importante información, además de páginas de internet que se muestran en la parte de Referencias.	4															
Lenguaje: a) Diamante b) Gema c) Mina a Cielo Abierto d) Mina Subterránea e) Arenal Aluvial f) Minería Marina g) Tubos de Kimberlita h) Pipes i) Minería Artesanal j) Diamante Cullinan	Procesamiento de los Datos Para Obtener un Resultado: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Minas</th> <th>Procesos</th> <th>Descripción del Proceso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A Cielo Abierto</td> <td>Artesanales</td> <td>Se realiza en las terrazas de los ríos donde se extraen los diamantes de los sedimentos que los recubren del fondo.</td> </tr> <tr> <td>Aluviales</td> <td>Encontrada a gran distancia en los lechos actuales o antiguos de los ríos.</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Subterráneas</td> <td>Industrial</td> <td>Utilizando palas hidráulicas, dragaminas o dinamita para acceder a las terrazas diamantíferas.</td> </tr> <tr> <td>Por Derrumbamiento</td> <td>Se dinamitan una serie de galerías y conductos conectados y hormigonadas; el material es sacado.</td> </tr> <tr> <td>En Gradas</td> <td>Método mixto utilizado en la mina Premier en África del Sur.</td> </tr> </tbody> </table>	Minas	Procesos	Descripción del Proceso	A Cielo Abierto	Artesanales	Se realiza en las terrazas de los ríos donde se extraen los diamantes de los sedimentos que los recubren del fondo.	Aluviales	Encontrada a gran distancia en los lechos actuales o antiguos de los ríos.	Subterráneas	Industrial	Utilizando palas hidráulicas, dragaminas o dinamita para acceder a las terrazas diamantíferas.	Por Derrumbamiento	Se dinamitan una serie de galerías y conductos conectados y hormigonadas; el material es sacado.	En Gradas	Método mixto utilizado en la mina Premier en África del Sur.	4
Minas	Procesos	Descripción del Proceso															
A Cielo Abierto	Artesanales	Se realiza en las terrazas de los ríos donde se extraen los diamantes de los sedimentos que los recubren del fondo.															
	Aluviales	Encontrada a gran distancia en los lechos actuales o antiguos de los ríos.															
Subterráneas	Industrial	Utilizando palas hidráulicas, dragaminas o dinamita para acceder a las terrazas diamantíferas.															
	Por Derrumbamiento	Se dinamitan una serie de galerías y conductos conectados y hormigonadas; el material es sacado.															
	En Gradas	Método mixto utilizado en la mina Premier en África del Sur.															
Modelo: Modelo científico	Análisis y/o conclusión derivado de los datos: Se encontraron diversos métodos de extracción del diamante los cuales dependen de la zona y sus características que presente.																
Respuesta Porque los diamantes se forman en diferentes condiciones del medio lo que provoca que se depositen En diferentes tipos de yacimientos o minas, de aquí que se requiera aplicar diferentes métodos de extracción Para cada mina; siendo más sencillos los métodos en minas a cielo abierto que en las subterráneas, donde además es más difícil encontrar yacimientos diamantíferos.		3															
Referencias: http://es.wikipedia.org/wiki/Diamante#Mercados_comerciales http://www.diamantes-infos.com/diamante-bruto/explotacion-diamante.html Comelisk, Cornelius S. (1997), "Manual de Mineralogía", Reverte S.A., México, 4ª Edición, pág. 661		3															
Autoevaluación		19															

Figura 5.10 DH-versión 3 de "Guapísimos Químicos"


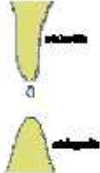

Caso: AH1N1

¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?

Diagrama heurístico sobre: El uso del hierro en la construcción		Pts.																												
HECHOS: Nos percatamos que en la vida cotidiana utilizamos mucho el hierro, tanto en la industria como en utensilios de cocina, y en la construcción y sabemos que este metal (hierro), es el metal más abundante de la Tierra, pero ya que se encuentra en el núcleo, para llegar a nosotros, pasa por un largo proceso de extracción, de manufactura y comercialización. Sus usos, como ya lo mencionamos, son variados desde una cuchara hasta material de construcción. Sin embargo, sabemos que la aleación del hierro con el carbono hace el acero, ayudándonos en muchos campos de la construcción, la industria y la ingeniería.		3																												
PREGUNTA: ¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?		3																												
CONCEPTOS	METODOLOGIA																													
Aplicaciones: Es importante saber qué usos tiene el hierro, en su forma natural, es útil para hacer productos siderúrgicos, en forma de aleación (acero) sirve para emplearse especialmente en automóviles, barcos y componentes estructurales de edificios; para vehículos, tuberías, en piezas de ingeniería, herramientas, aceros estructurales (hierro forjado y fundido), así como en la fabricación de imanes, tintes (tintas, papel para heliográficas, pigmentos pulidores) y abrasivos.	Primero investigaremos que es un metal, nos basaremos en el hierro, después, buscaremos información sobre las propiedades de cada uno. También averiguaremos un poco sobre los procesos por los que pasa el hierro para obtenerlo tal cual lo conocemos. Preguntaremos a el Ing. Arquitecto Sebastián Magaña Rodríguez y al Ing. José Vicente Tovar Espinosa para que nos expliquen un poco sobre el porque se emplea el hierro en las obras de construcción y el por qué se alea con el carbono para formar el acero y servir útilmente en la construcción. También consultaremos páginas web y videos.	4																												
	Procesamiento de los datos para obtener un resultado	4																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Condiciones del Hierro para construcciones:</th> <th>Características que debe tener el hierro:</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero medio en carbono (.25% y .6% en peso de C)</td> <td>Mayor grado de soldabilidad</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Son más resistentes que los aceros bajos en carbón.</td> <td>Alta tenacidad a temperaturas bajas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Buena friabilidad en frío.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mejor ductilidad.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Resistencia a la fractura a través del espesor.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costos bajos.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Condiciones del Hierro para construcciones:	Características que debe tener el hierro:			Acero medio en carbono (.25% y .6% en peso de C)	Mayor grado de soldabilidad			Son más resistentes que los aceros bajos en carbón.	Alta tenacidad a temperaturas bajas				Buena friabilidad en frío.				Mejor ductilidad.				Resistencia a la fractura a través del espesor.				Costos bajos.			3
Condiciones del Hierro para construcciones:	Características que debe tener el hierro:																													
Acero medio en carbono (.25% y .6% en peso de C)	Mayor grado de soldabilidad																													
Son más resistentes que los aceros bajos en carbón.	Alta tenacidad a temperaturas bajas																													
	Buena friabilidad en frío.																													
	Mejor ductilidad.																													
	Resistencia a la fractura a través del espesor.																													
	Costos bajos.																													
LENGUAJE:	Costos de varillas costo																													
<ul style="list-style-type: none"> • Metal • Extracción • Hierro • Metalurgia • Construcciones • Acero (Tipos) • Aleación 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de varilla</th> <th colspan="2">costo por tonelada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Varilla de 3/8"</td> <td>\$7,900.00</td> <td>\$63.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 1/2"</td> <td>\$7,900.00</td> <td>\$111.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 5/8"</td> <td>\$7,900.00</td> <td>\$176.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 3/4"</td> <td>\$7,900.00</td> <td>\$253.00</td> </tr> <tr> <td>Varilla de 1"</td> <td>\$7,900.00</td> <td>\$447.00</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de varilla	costo por tonelada		Varilla de 3/8"	\$7,900.00	\$63.00	Varilla de 1/2"	\$7,900.00	\$111.00	Varilla de 5/8"	\$7,900.00	\$176.00	Varilla de 3/4"	\$7,900.00	\$253.00	Varilla de 1"	\$7,900.00	\$447.00											
Tipo de varilla	costo por tonelada																													
Varilla de 3/8"	\$7,900.00	\$63.00																												
Varilla de 1/2"	\$7,900.00	\$111.00																												
Varilla de 5/8"	\$7,900.00	\$176.00																												
Varilla de 3/4"	\$7,900.00	\$253.00																												
Varilla de 1"	\$7,900.00	\$447.00																												
MÓDELO	ENTREVISTA																													
<ul style="list-style-type: none"> • Modelo Económico • Enlace metálico 	<p>Ing. Arquitecto Sebastián Magaña Rodríguez</p> <p>¿Por qué es más utilizado el acero en la construcción?</p> <p>Bueno, para empezar es muy económico a comparación de otros materiales, además su estructura es muy adecuada a lo que se necesita ya que cumple con:</p> <p>Difícil corrosión, maleabilidad pero a la vez la dureza necesaria para resistir el peso que llevara encima, así mismo es resistente a los cambios de temperatura que pueda haber en el lugar que será utilizado.</p> <p>Ing. José Vicente Tovar Espinosa</p> <p>Las propiedades que tiene el acero provocan que al unirse con el concreto la estabilidad de la pieza creada sea útil para emplearse en cualquier obra de construcción. También nos comento que el acero a diferencia de otros materiales no se oxida con tanta facilidad que otros, esto sin duda es de gran utilidad porque la pieza creada resiste a la intemperie y la lluvia acida de la ciudad.</p> <p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</p> <p>El hierro que se utiliza debe contar con características específicas, depende del lugar y con el tipo de material que se utilizara. Es mucho más económico comprar una varilla de acero que una de fibra de vidrio. La aleación con el carbono hace que los enlaces metálicos sean más fuertes por tanto será más duro y dúctil también a esto llegaron los ingenieros Tovar y Magaña y servirá mejor en la obra.</p>																													
RESPUESTA	Después de analizar los datos y la información obtenida pudimos darnos cuenta que la razón principal por la que el hierro es el metal mas empleado en las construcciones es porque su costo es mucho más económico que otros metales que se usan en obras de construcción. Que la aleación que se hace con el carbono (acero) hace que las propiedades sean mejores por la unión que se realiza por medio de enlaces metálicos lo cual se refleja mucho en sus mejores propiedades: resistente al desgaste, tiene mucha tenacidad, es duro y no es muy oxidable. También es porque El hierro tiene un enlace metálico que le permite formar aleaciones para fortalecer sus propiedades. Formando así El acero, por poner un ejemplo.	3																												
Referencias: http://es.wikipedia.org/wiki/Hierro De los conceptos: http://html.rincondelvago.com/el-hierro-y-su-importancia.html Del lenguaje: http://es.wikipedia.org/wiki/Metal , http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/AHMSA-Construccion.htm		20																												
Auto evaluación (total de puntos)/20 puntos disponibles																														

Figura 5.11 DH-versión 3 de "AH1N1"

Caso: Chocoretas
¿Por qué hay estalagmitas?

Diagrama heurístico sobre: Estalactitas y estalagmitas		Pts																		
HECHOS En las visitas familiares que hemos tenido, hemos observado que las estalactitas y estalagmitas son estructuras muy bellas sin embargo no sabemos distinguir las y tampoco porque se forman y cuales son sus características.		2																		
PREGUNTA ¿Por qué hay estalagmitas?		3																		
CONCEPTOS	METODOLOGIA																			
Aplicaciones Su principal uso es la ornamentación natural de cuevas que se utilizan con fines turísticos, en donde las cuevas donde se forman sirven para hacer balnearios, o centros de atracción y también impulsan la economía del país.	Procedimiento para la obtención de datos Acudimos a varias fuentes en internet, al igual que algunos videos de youtube ("Estalagmitas y estalactitas") y a la "Enciclopedia Temática Universal, EMAN" Además fuimos a algunas grutas (Tolantongo, Cacahuamilpa y Estrella)	1																		
Lenguaje *Estalactita *Estalagmita *Gruta *Carbonato de calcio *Cristalización	Procesamiento de los datos para obtener un resultado Se forma de la filtración de agua con minerales <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Característica</th> <th>Estalactita</th> <th>Estalagmita</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Minerales</td> <td colspan="2">Carbonato de Calcio</td> </tr> <tr> <td>Crecimiento</td> <td colspan="2">2,5 cm cada 100 o 150 años</td> </tr> <tr> <td>Forma</td> <td>Cilíndrica hueca y de poco espesor</td> <td>Cilíndrica sólida de poco espesor</td> </tr> <tr> <td>Formación</td> <td>Caen desde el techo</td> <td>Ascienden desde el suelo</td> </tr> <tr> <td>Lugar</td> <td colspan="2">Cuevas de piedra caliza</td> </tr> </tbody> </table> <p>En las grutas pudimos comprobar algunas de las características de la tabla de arriba, ya que las teníamos muy cerca y por lo mismo eran fáciles de observar como la forma, luz y otras.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>	Característica	Estalactita	Estalagmita	Minerales	Carbonato de Calcio		Crecimiento	2,5 cm cada 100 o 150 años		Forma	Cilíndrica hueca y de poco espesor	Cilíndrica sólida de poco espesor	Formación	Caen desde el techo	Ascienden desde el suelo	Lugar	Cuevas de piedra caliza		1
Característica	Estalactita	Estalagmita																		
Minerales	Carbonato de Calcio																			
Crecimiento	2,5 cm cada 100 o 150 años																			
Forma	Cilíndrica hueca y de poco espesor	Cilíndrica sólida de poco espesor																		
Formación	Caen desde el techo	Ascienden desde el suelo																		
Lugar	Cuevas de piedra caliza																			
Modelo Cristalización de minerales. La operación de cristalización es aquella por medio de la cual se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. Es una operación necesaria para todo producto químico que se presenta comercialmente en forma de polvos o cristales, ya sea el azúcar o sacarosa, la sal común o cloruro de sodio.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos En base a nuestro procesamiento de datos nos dimos cuenta que las estalactitas y estalagmitas se forman por la filtración de agua con minerales (en especial Carbonato cálcico CaCO ₃) y al escurrir van depositando sus minerales, así se forman las estalactitas, y al caer el agua sucede lo mismo pero de abajo hacia arriba y se forman estalagmitas. Tienen forma cilíndrica, hueca, de poco espesor. Crecen alrededor de 2,5 cm cada 100 o 150 años. Se forman en cuevas de piedra caliza y al unirse forman columnas.	2																		
RESPUESTAS Se forman en el interior de las cuevas calizas, porque el agua cae continuamente desde el techo de la cueva que contiene carbonato cálcico, el agua se seca y este se va acumulando dando origen a las estalactitas que caen desde el techo, mientras que las estalagmitas ascienden desde el suelo. Su modelo es el de cristalización de minerales.		3																		
REFERENCIAS De los hechos http://www.jimloy.com/geology/stalac.htm De los conceptos http://www.youtube.com/watch?v=pUXG0BFcacA , http://es.wikipedia.org/wiki/Estalactita De la metodología http://www.encyclopedia.com proyectoazul.com		3																		

Autoevaluación: 19

"CHOCORETAS"

Estalactitas y estalagmitas

Figura 5.12 DH-versión 3 de "Chocoretas"

Caso: Sobrevivientes de Balderas

¿Por qué las formas del carbono tienen diferentes propiedades?

TITULO Cristalización del carbono.		PTS
HECHOS: Sabemos que el carbono se encuentra en 3 formas elementales existentes en la naturaleza: diamante, grafito y carbón amorfo. Las propiedades físicas de las tres formas difieren considerablemente a causa de las diferencias en su estructura cristalina.		3
¿Por qué las formas del carbono tienen diferentes propiedades?		3
CONCEPTOS	METODOLOGIA	3
<p>APLICACIONES Todas las formas de este elemento tienen diversas aplicaciones. El diamante se usa en joyería, pero hay variedades que se utilizan en la industria por su extrema dureza. El grafito es utilizado para la fabricación de lápices o por su calidad aceitosa. El carbono también constituye un combustible fundamental en gran parte de las regiones del mundo.</p> <p>LENGUAJE CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. YACIMIENTO: Acumulación significativa de materiales geológicos, que en algún caso pueden ser objeto de explotación humana. CRATONES: Es una masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico. METEORITO: Es un meteoritoide que alcanza la superficie de un planeta debido a que no se desintegra por completo en su atmósfera. GRANOS PRE-SOLARES: son diminutas partículas de polvo que se formaron en generaciones anteriores de estrellas y en estallidos de supernovas previos a la formación del Sistema Solar. TEMPERATURA: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío. PRESIÓN: Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie. ALOTROPIA: En química es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes. GRAFITO: es una de las formas alotrópicas en las que se puede presentar el carbono junto al diamante y los fullerenos. DIAMANTE: es el alótropo del carbono donde los átomos de carbono están dispuestos en una variante de la estructura cristalina cúbica centrada en la cara denominada red de diamante. CARBÓN: es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla. CRISTALIZACIÓN es el proceso por el cual se forma un sólido cristalino, ya sea a partir de un gas, un líquido o una disolución.</p>	<p>PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS Para comprender mejor el tema de nuestro cuestionamiento se ha recurrido a los siguientes medios de información "confiable":</p> <ul style="list-style-type: none"> Se trató de localizar páginas de internet que hablaran sobre el tema y que nos dieran una idea sobre la posible respuesta. Vimos videos, los cuales sirvieron para ejemplificarnos los procesos de la formación de un diamante. <p>También consultamos algunos libros que contenían ideas sobre el tema.</p> <p>PROCESAMIENTO DE DATOS PARA OBTENER UN RESULTADO</p>	3
<p>MODELO: Modelo científico, Cristalización</p>	<p>ANÁLISIS Y/O CONCLUSIÓN DERIVADO DE LOS DATOS En base a lo anterior podemos afirmar que las propiedades físicas de las tres formas del carbono difieren considerablemente a causa de las diferencias en su estructura cristalina. En el diamante, el material más duro que se conoce, cada átomo está unido a otros cuatro en una estructura tridimensional, mientras que el grafito consiste en láminas débilmente unidas de átomos dispuestos en hexágonos. El carbono amorfo se caracteriza por un grado de cristalización muy bajo.</p>	2
<p>RESPUESTA El carbono cristaliza de maneras diferentes dadas las propiedades del resultado, por ejemplo: El grafito posee menos densidad que el diamante debido a la mayor separación entre las hojas adyacentes. La falta de enlaces fuertes entre estas capas hace posible que éstas resbalen unas sobre otras. Las diferentes formas de cristalización del carbono han permitido obtener resultados como la obtención de los 3 elementos que se dan a partir de carbono puro: el diamante, el grafito y el carbón vegetal.</p>		2
<p>REFERENCIAS DE LOS HECHOS: http://www.raulybarra.com/not/joya/archivosnot/joya77diamantes_ formacion.htm DE LOS CONCEPTOS: http://es.wikipedia.org/wiki/Diamante DE METODOLOGIA: 150 años de investigación geológica en España. Autor: Sin autor. ISBN: 978-84-7840-394-3. Editorial: INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO Libro de Geología (general) en Geología/ciencias de la tierra, PAG: 63-90</p>		3
AUTOEVALUACIÓN (TOTAL DE PUNTOS) / PUNTOS POSIBLES		19

Figura 5.13 DH-versión 3 de "Sobrevivientes de Balderas"

Lo primero que podemos notar es que la mayoría de los equipos aumentó el número de puntos obtenidos en el Diagrama desde la versión 1 hasta la versión 3. Por otro lado, vemos que el promedio de su evaluación, en todos los casos es aprobatoria:

Puntos obtenidos en las tres versiones de los Diagramas Heurísticos (sobre un máximo de 20 puntos)								
DH	DH- versión 1		DH- versión 2		DH- versión 3		Promedio	
Tiempo de elaboración:	1 SEMANA		2 SEMANAS		3 SEMANAS			
EQUIPO	Autoeval.	Eval.	Autoeval.	Eval.	Autoeval.	Eval.	Autoeval.	Eval.
Guapísimos químicos	19	8	19	14	19	17	19	13
Totopos	19	10	20	11	20	16	20	12
Grifos	19	14	20	18	20	18	20	17
Equipo	s/e	12	s/e	12	18	18	6	14
Chocoretas	17	17	17	18	19	19	18	18
Copines	16	9	16	15	14	15	15	13
AH1N1	12	11	12	12	20	19	15	14
Hooligans	s/e	9	19	15	19	18	13	14
Friends	20	14	20	17	20	19	20	17
Sobrinos del tío Gambóin	19	17	19	18	19	19	19	18
Sobrevivientes de Balderas	18	13	18	15	19	19	18	16
Promedio:	18	12	18	15	19	18	17	15

Tabla 5.2 Comparativo del puntaje obtenido en las tres versiones de los Diagramas Heurísticos

Con este último Diagrama (*DH-versión 3*), lo que podemos reconocer es lo siguiente:

1. **De los Hechos:** la mayoría de los equipos escribe dos o más hechos derivados tanto de su observación en la vida cotidiana como de las lecturas

o actividades realizadas durante la aplicación de esta secuencia. Vemos que algunos equipos hacen referencia a lo observado en los museos, a las lecturas o a sus propias experiencias familiares o personales.

2. **De la Pregunta:** vemos que en la mayoría de los equipos hubo un cambio en la pregunta final respecto al primer planteamiento. Esto se debió a que conforme fueron investigando: 1) se percataron de que su propuesta inicial era muy ambiciosa y debían acotar su tema de investigación; 2) que el tema inicial no les era muy atractivo y con mayor información pudieron formular otra pregunta; y 3) al inicio no tenían mucha claridad sobre lo que querían saber y conforme investigaron, surgieron nuevos temas que les atrajeron más. La evolución de las preguntas se puede ver en la Tabla 5.3.

Observamos que la mayoría de las preguntas son abiertas y sólo se establece un cuestionamiento, es decir no aparece una segunda pregunta implícita en la redacción.

3. **De las Aplicaciones:** en general, desde el primer intento, éste fue el punto con menos complicaciones para los alumnos, la mayoría de los equipos establece al menos una aplicación de su tema de investigación ya sea sobre los minerales en general, o particularizando como en los casos del cobre, oro, plata, hierro, etc.
4. **Del Lenguaje:** igual que en el caso anterior, la mayoría de los equipos pueden distinguir el lenguaje que requieren para contestar su pregunta, sin embargo, hay que decir, que en algunos casos –*Sobrevivientes de Balderas*, por ejemplo- escriben conceptos que si bien tienen que ver con el tema, son demasiado específicos y se nota que los tomaron directamente de alguna de las lecturas que realizaron sin haber discriminado la información adecuadamente.

EQUIPO	PREGUNTA			
	DH-versión 0	DH-versión 1	DH-versión 2	DH-versión 3
Guapísimos químicos	<i>¿Cómo se lleva a cabo el proceso de extracción del diamante en África?</i>	<i>¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?</i>	<i>¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?</i>	<i>¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?</i>
Totopos	<i>¿Por qué los minerales presentan tan variada y peculiar coloración?</i>	<i>¿Por qué los minerales presentan tan variada y peculiar coloración?</i>	<i>¿Por qué motivo los minerales presentan tan variada coloración?</i>	<i>¿Por qué motivo los minerales presentan tan variada coloración?</i>
Grifos	<i>¿Es posible químicamente que exista una piedra que pueda convertir cualquier metal en oro, la piedra filosofal?</i>	<i>¿Por qué es imposible, químicamente, que exista la piedra filosofal?</i>	<i>¿Por qué es imposible, químicamente, que exista la piedra filosofal?</i>	<i>¿Por qué es imposible, químicamente, que exista la piedra filosofal?</i>
Equipo	<i>¿Cuál es el proceso de reciclado de oro, aluminio y hierro?</i>	<i>¿Cuál es el mejor proceso de reciclado del cobre?</i>	<i>¿Cuál es el mejor proceso de reciclado del cobre?</i>	<i>¿Cuál es el mejor proceso de reciclado del cobre?</i>
Chocoretas	<i>¿Cómo afectó al ambiente la explosión nuclear en Chernoville, Ucrania?</i>	<i>¿Por qué hay estalactitas y estalagmitas?</i>	<i>¿Por qué hay estalagmitas?</i>	<i>¿Por qué hay estalagmitas?</i>
Copines	<i>¿Cómo se llevan a cabo</i>	<i>¿Por qué actualmente se le</i>	<i>¿Por qué actualmente se le</i>	<i>¿Por qué actualmente se le</i>

	<i>los procesos para elaborar joyería de plata?</i>	<i>da al oro gran importancia a nivel económico?</i>	<i>da al oro gran importancia a nivel económico?</i>	<i>da al oro importancia a nivel económico?</i>
AH1N1	<i>¿En qué consisten los procesos de extracción de los metales?</i>	<i>¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?</i>	<i>¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?</i>	<i>¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?</i>
Hooligans	<i>¿Por qué son importantes los metales en el desarrollo industrial de México?</i>	<i>¿A qué se debe la coloración en los fuegos artificiales?</i>	<i>¿A qué se debe la coloración de los fuegos artificiales?</i>	<i>¿A qué se debe la coloración de los fuegos artificiales?</i>
Friends	<i>¿Cuál es el proceso de formación de la azurita?</i>	<i>¿Por qué las condiciones de enfriamiento del magma intervienen en la forma y cristalización de los minerales?</i>	<i>¿Por qué las condiciones de enfriamiento del magma intervienen en la cristalización de los minerales?</i>	<i>¿Por qué las condiciones de enfriamiento del magma intervienen en la cristalización de los minerales?</i>
Sobrinos del tío Gamboín	<i>¿Cuáles son los factores que determinan el costo de un metal precioso como el oro?</i>	<i>¿Por qué es importante la plata para el sector económico en México?</i>	<i>¿Por qué es importante la plata para el sector económico de México?</i>	<i>¿Por qué es importante la plata para el sector económico de México?</i>
Sobrevivientes de Balderas	<i>¿Qué impacto tienen los metales en la industria mecatrónica?</i>	<i>¿En qué consisten los procesos para la formación de un diamante?</i>	<i>¿Por qué el carbono cristaliza de diferentes formas?</i>	<i>¿Por qué las formas del carbono tienen diferentes propiedades?</i>

Tabla 5.3 Comparativo entre las preguntas de las cuatro versiones de los Diagramas Heurísticos

5. **Del Modelo:** vemos que este apartado es uno de los más difíciles de todo el Diagrama (Robles, 2008) pues implica que los estudiantes tengan un buen conocimiento y comprensión de su tema de investigación, lo cual es difícil de alcanzar en tan poco tiempo, en este nivel educativo, y particularmente por el hecho de que algunos temas están relacionados no sólo a algún aspecto de química sino que tienen que ver con la filosofía, la economía o la historia. Hay que recordar que de acuerdo con algunas teorías de transposición didáctica holísticas (Sanmartí, 2002, p. 88), “el tiempo de aprendizaje no es simultáneo con el tiempo de enseñanza [...]. Se valora que los aprendizajes realizados en otros contextos pueden ser determinantes y muchas de las reestructuraciones de las relaciones entre conceptos, y entre conceptos y hechos se producen en momentos distintos de aquellos en que se han acumulado datos e informaciones”. En otras palabras: “las teorías y modelos son algo que se va construyendo a través de la escolaridad, desde la escuela primaria, interrelacionando y jerarquizando cada vez más ideas y observaciones”. De aquí que en este primer acercamiento de los estudiantes con su tema de investigación, era muy complicado que pudieran llegar a la identificación y comprensión total del modelo teórico. De este modo, a partir del conocimiento de esta dificultad y de los propios resultados de los primeros Diagramas, para esta investigación sólo se les pidió que pudieran identificar el tipo de modelo que podría ayudar en la obtención de una respuesta a su pregunta. Así, la mayoría de los equipos pudieron identificar el o los tipos de modelos que podrían aplicar a su tema, y sólo en algunos casos sí pudieron distinguir un modelo más específico (por ejemplo: modelo del enlace metálico en el caso de *AH1N1* y modelo de cristalización en el caso de *Chocoretas*).

Respecto a este punto, hay que notar que aunque a los alumnos con los que se trabajó en esta secuencia, no les tocó estudiar con los nuevos currículos de la *Reforma Curricular de la Educación Secundaria 2006*, en esta reforma ya se introduce explícitamente el tema de modelos tanto en la

asignatura de Ciencias 2 (Física) como en la de Ciencias 3 (Química). Uno de los propósitos de las asignaturas de Ciencias con esta reforma, es que al concluir la educación secundaria, los alumnos: “Desarrollen de manera progresiva conocimientos que favorezcan la comprensión de los conceptos, procesos, principios y lógicas explicativas de la ciencia y su aplicación a diversos fenómenos comunes. Profundicen en las ideas y conceptos científicos básicos y establezcan relaciones entre ellos de modo que puedan construir explicaciones coherentes basadas en el razonamiento lógico, el lenguaje simbólico y las representaciones gráficas.” (Plan de estudios. Educación Básica Secundaria, 2006, p. 34). Además, en el texto de la *Reforma de la Educación Secundaria. Fundamentación Curricular. Ciencias* (2006, p. 26) puede leerse dentro de los conocimientos transversales que deben tener los estudiantes en el ámbito del “Conocimiento científico” de Ciencias 2: “Los modelos científicos” e “Interpretación del mundo con el uso de modelos” y de Ciencias 3: “Representación a través de símbolos, diagramas, esquemas y modelos tridimensionales”, “Los modelos y las moléculas” y “Modelo de ácidos y bases”, por lo que se puede pensar que con estos cambios en el currículo de la Educación Secundaria, los estudiantes de las siguientes generaciones tendrán más claridad en cuanto al concepto de modelo.

6. **Del Procedimiento para la obtención de datos:** esta parte es interesante porque vemos que los equipos recurrieron a distintas fuentes de consulta como libros, páginas electrónicas, vídeos, periódicos, entrevistaron a sus familiares e incluso se dio la oportunidad de que hicieran una visita a las grutas. Aunque en los Diagramas no se ve reflejado, de acuerdo al seguimiento que se hizo de este proceso de investigación, vemos que esta parte fue una de las más complicadas por lo que ya se mencionó anteriormente:

- a) Sus recursos para buscar información son limitados, prácticamente reducen sus búsquedas a la Internet y no lo hacen de manera eficiente:

carecen de elementos para identificar información confiable, y la búsqueda de información se limita a la consulta de páginas como “wikipedia”. Además, el desconocimiento tanto de otros idiomas (inglés, francés, portugués, etc.) como de los propios lenguajes multimedia (audiovisual, hipertextual, etc.) limitan considerablemente la adquisición de información útil para su investigación (Marqués, 2000; Area, 2008).

b) La poca o mucha claridad sobre lo que se quiere investigar y sobre el plan de acción, es determinante para la obtención de buena, mala o suficiente información y por lo tanto para el éxito en la solución del problema (Córdova, 2005; Irazoque, 2005; Sanmartí, 2002).

7. **Del *Procesamiento de datos para obtener un resultado***: vemos que aunque esta parte también les costó trabajo, al final se pudo tener un procesamiento más o menos adecuado. En la mayoría de los casos recurrieron al uso de tablas, cuadros o esquemas para procesar la información y algunos usaron dibujos o imágenes que complementaron este apartado.
8. **Del *Análisis y/o conclusión derivado de los datos***: en general, el análisis obtenido en este último Diagrama está vinculado con el apartado anterior (Procesamiento de los datos) sin embargo, en algunos casos este análisis se asemeja mucho a la respuesta de la pregunta.
9. **De la *Respuesta***: todos los equipos dan una respuesta a su pregunta, sin embargo hay que decir que algunas respuestas son mejores que otras pues incluyen todos los aspectos del diagrama y en algunos casos no se incluye el modelo o sencillamente la redacción es poco afortunada. A pesar de lo anterior, vemos que las respuestas denotan un aceptable conocimiento del tema pues manejan un lenguaje particular y hacen uso del análisis y procesamiento de datos.

10. **De las Referencias:** en este punto no hay muchas dificultades, la mayoría de los equipos anotó sus fuentes de consulta, sin embargo, este punto está relacionado con el *Procedimiento para la obtención de datos* por lo que lo dicho en ese apartado aplica igualmente a éste.
11. **De la Autoevaluación:** aún cuando la autoevaluación es uno de los mecanismos que conduce al desarrollo del pensamiento reflexivo y de los procesos de autorregulación de los estudiantes (Díaz-Barriga, 2006; Sanmartí, 2002) vemos que en este caso, la autoevaluación de los Diagramas Heurísticos no funcionó en todos los casos: algunas de las versiones fueron evaluadas con puntajes altos aunque el Diagrama estaba incompleto; en otros casos no hubo cambio en el puntaje de la versión 1 a la versión 3 y en el peor de los casos, ni siquiera hubo autoevaluación. Aún cuando la idea era que esta autoevaluación sirviera como una “forma de retroalimentación autogenerada que conduzca al alumno a valorar su propio trabajo de manera lúcida, honesta y con un nivel de introspección y reflexión profundo” (Díaz-Barriga, 2006), la verdad es que se logró parcialmente pues aún cuando se ven diferencias en el promedio de las autoevaluaciones y evaluaciones a lo largo de las diferentes versiones, éstas diferencias son mínimas. Una de las posibles razones por las que no se ven cambios considerables en las puntuaciones entre las tres versiones (o no hay autoevaluación, en algunos casos) puede ser debido a que los estudiantes no tenían claro el criterio que había de aplicarse para evaluar cada apartado: como se ha mencionado, en las primeras versiones aún no les quedaba clara la construcción del Diagrama por lo que puede deducirse que tampoco podían evaluarlo adecuadamente. A pesar de ello, lo que sí puede apreciarse, es que a través de las diferentes versiones de los Diagramas, la autoevaluación de los estudiantes se acerca más a la evaluación del profesor, de tal modo que al final, los puntajes de evaluación y autoevaluación son coincidentes.

Uno de los Diagramas más completos realizados por los estudiantes, se muestra a continuación.

IMPORTANCIA DE LA PLATA EN LA ECONOMIA MEXICANA		Pts.										
<p>HECHOS: Se observa que la plata es un metal muy usado por la población de nuestro país, sobre todo en forma de joyas. Se sabe que México es uno de los principales productores de plata a nivel mundial. La plata es uno de los metales mas importantes en nuestro país, debido a su abundancia.</p>		3										
<p>PREGUNTA: ¿POR QUE ES IMPORTANTE LA PLATA PARA EL SECTOR ECONOMICO DE MEXICO?</p>		3										
CONCEPTOS	METODOLOGIA											
<p>Aplicaciones: la plata tiene muy diversas aplicaciones, la mas común es la joyería y la orfebrería, que es la actividad que se encarga de transformar la plata en piezas de adorno personal o de ornato, se usa también en la industria fotográfica, en medicamentos, electrónica, electricidad, en catalizadores y fabricación de espejos, principalmente tiene estos usos.</p>	<p>Procedimiento para la obtención de datos: Se realizara una investigación acerca de la explotación, comercialización y usos de la plata en México, esta información se obtendrá de fuentes bibliográficas así como de periódicos y artículos de revistas, además en páginas de internet Investigar el costo de piezas de plata, costo por tonelada, etc..., obtendremos estos datos de páginas de internet en el caso del costo por alto volumen, preguntando en joyerías y sitios de compra venta de plata, en el caso de piezas pequeñas. Analizar el comportamiento de la economía teniendo como indicador a la plata (información obtenida de secciones de economía en páginas de internet y periódicos)</p>	2										
<p>Lenguaje: Plata: metal de transición blanco, brillante, blando, dúctil y maleable. Economía: actividad que cuantifica e involucra los Ingresos y egresos de un sector Onza: es la doceava parte de una libra troy, y equivale a 31,1034768 gramos Indicador económico: la cantidad de ingresos que se obtienen de un producto en relación con su producción.</p>	<p>Procesamiento de datos para obtener un resultado:</p> <table border="1"> <tr> <td>Costo por tonelada en 2009</td> <td>\$ 6,000,000.00</td> </tr> <tr> <td>Producción anual en México (último registro: diciembre de 2009)</td> <td>18.5 millones de onzas (3359.5 toneladas)</td> </tr> <tr> <td>Principales Estados productores</td> <td>Sonora, Durango, Guerrero, Hidalgo y Zacatecas</td> </tr> <tr> <td>Aportación en pesos de la plata para México en el último año (2009)</td> <td>\$ 20157000000</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje total en que los ingresos de la plata contribuyeron a la economía mexicana en 2009.</td> <td>1.8%</td> </tr> </table>	Costo por tonelada en 2009	\$ 6,000,000.00	Producción anual en México (último registro: diciembre de 2009)	18.5 millones de onzas (3359.5 toneladas)	Principales Estados productores	Sonora, Durango, Guerrero, Hidalgo y Zacatecas	Aportación en pesos de la plata para México en el último año (2009)	\$ 20157000000	Porcentaje total en que los ingresos de la plata contribuyeron a la economía mexicana en 2009.	1.8%	3
Costo por tonelada en 2009	\$ 6,000,000.00											
Producción anual en México (último registro: diciembre de 2009)	18.5 millones de onzas (3359.5 toneladas)											
Principales Estados productores	Sonora, Durango, Guerrero, Hidalgo y Zacatecas											
Aportación en pesos de la plata para México en el último año (2009)	\$ 20157000000											
Porcentaje total en que los ingresos de la plata contribuyeron a la economía mexicana en 2009.	1.8%											
<p>Modelo: Un modelo económica es aquel que tiene como fin analizar, describir y explicar las actividades económicas de un sector, país, región, etc. Un indicador económico enfocado a un producto, es aquel que se estima con la cantidad de ingresos que se obtienen de el, la cantidad de producto que se importa y sobre todo con la que se exporta, sumando estas cantidades y obteniendo un promedio del total de \$\$\$.</p>	<p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos: La plata es un metal relativamente barato si se compara por ejemplo con el oro (plata-\$6,000,000.00, oro-\$95,000,000.00), a pesar de esto se obtienen ingresos grandes ya que se realiza una gran producción de este material en nuestro país debido a que México se encuentra en los primeros sitios a nivel mundial en la producción de la plata. Se cuenta con una gran cantidad de yacimientos de plata por ende una gran cantidad de plata en territorio mexicano. Los ingresos de la plata en México a pesar de ser elevados, no son muy significativos ya que no se le da mucha importancia a su comercialización. La producción se centra solo en algunas zonas del país.</p>	3										
<p>RESPUESTA O RESULTADO: LA PLATA ES IMPORTANTE EN LA ECONOMIA MEXICANA PORQUE MEXICO ES UNO DE LOS PRINCIPALES PRODUCTORES DE PLATA EN EL MUNDO, PERO AUN ASI NO ES TRASCENDENTAL PARA SU ECONOMIA YA QUE LA PLATA ES UN METAL RELATIVAMENTE BARATO COMPARADO POR EJEMPLO CON EL ORO, ES MAS ES UNO DE LOS METALES MAS BARATOS DENTRO DE LA CATEGORIA DE METALES PRECIOSOS A PESAR DE TODAS SUS PROPIEDADES, POR OTRA PARTE NO IMPACTA TANTO SU PRODUCCION YA QUE LA MAYORIA DE LA PLATA SE EXPORTA A UN BAJO PRECIO Y EL RESTO SE EMPLEA EN SU MAYORIA PARA LA FABRICACION DE JOYAS O PIEZAS DE ORNATO, TENIENDO POCA INFLUENCIA ECONOMICA DENTRO DE LA POBLACION, LIMITANDOSE A SE UNA ACTIVIDAD ARTESANAL, RESUMIENDO, A PESAR DE LA GRAN CANTIDAD DE ESTE METAL QUE SE TIENE, EL POCO USO QUE SE LE DA Y SU VALOR COMERCIAL HACE QUE NO SEA TRASCENDENTAL PARA LA ECONOMIA DE NUESTRO PAIS.</p>		3										
<p>REFERENCIAS: Delos hechos: Periódico El Universal (sección de economía) edición del 12 de diciembre de 2009 De los conceptos: Energy & Mining. Newsletter. «La produccion de plata en el mundo en 2008--www.wikipedia.com.mx De la metodología: Energy & Mining. Newsletter. «La produccion de plata en el mundo en 2008 www.prensalibre.com/economía www.wikipedia.com.mx,</p>		2										
<p>"LOS SOBRINOS DEL TIO GAMBOIN"</p>												
<p>AUTOEVALUACION (total de puntos) 20 puntos posibles</p>		19										

Figura 5.14 Ejemplo de uno de los mejores Diagramas Heurísticos
(Elaborado por el equipo: *Los sobrinos del tío Gamboín*)

Conclusiones preliminares

De esta Fase II, lo que puede concluirse es que la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas es una estrategia muy interesante ya que permite a los estudiantes aprender con mayor autonomía pues ellos escogen su problema a resolver, la metodología que seguirán para llegar a la solución y los recursos que utilizarán. Todo ello con sus respectivos aprendizajes intrínsecos, es decir: se enfrentan con las dificultades propias de la elaboración de una pregunta de investigación, con la complejidad de resolver el tema elegido, con las deficiencias personales en cuanto a recursos y estrategias para buscar información, con las complicaciones que surgen al trabajar en equipo, etc. Además, dado que esta estrategia fue empleada con base en la definición de problema de Toulmin y para ello se usó el Diagrama Heurístico como herramienta de solución, el conocimiento de esta nueva herramienta trajo a los estudiantes otros elementos de aprendizaje: contextualizar sus preguntas con los Hechos, identificar el Lenguaje y Modelo necesarios para la solución del problema, así como desarrollar la habilidad de investigar, comprender y sintetizar la información requerida, propias de cada uno de los temas. Como puede verse, aunque la estrategia aplicada es compleja pues implica un gran esfuerzo por parte de los estudiantes y del profesor pues rompe con los esquemas tradicionales de educación (en donde el profesor y alumnos sólo juegan el papel de transmisor-receptor, respectivamente), los resultados plasmados tanto en los Diagramas como en el examen aplicado, y sobre todo, en las opiniones de los propios estudiantes, muestran que hay aprendizaje (por ejemplo: adquisición de nuevo lenguaje científico).

5.3 Fase III: Evaluación

Respecto al enfoque que asume la evaluación del aprendizaje basado en problemas, hay una coincidencia en los autores sobre los puntos siguientes (Díaz-Barriga, 2006):

- Énfasis en una evaluación formativa, dinámica y contextualizada.
- Desarrollo y aplicación de materiales de evaluación más que nada cualitativos y de instrumentos que valoren el desempeño del alumno, su nivel de habilidad, su disposición y actitudes.
- Involucran la autoevaluación fundamentada por parte de los alumnos y del trabajo realizado en los grupos de discusión.
- Requiere de la definición y consenso de criterios de desempeño o estándares mínimos que permitan cualificar los aprendizajes logrados.
- Requiere que los profesores ejerciten su juicio profesional para valorar los logros y la calidad del trabajo de los alumnos.

A partir de este enfoque se hizo la evaluación del trabajo de los alumnos: se consideró su trabajo en grupo, sus reportes de las visitas a los museos, la evolución de los Diagramas Heurísticos, su exposición y elaboración de carteles, y demás actividades realizadas durante la secuencia (práctica de laboratorio, cuestionarios, lecturas, etc.). Sin embargo, para complementar esta evaluación no sólo del desempeño, sino también del aprendizaje, se recurrió a la evaluación de su nivel de competencia argumentativa y del aprendizaje a través de un examen escrito.

5.3.1 Comunicación de resultados: exposición y elaboración del cartel

De acuerdo con Castillo (2008): “la consideración del desarrollo de la oralidad en los jóvenes a partir de ciertos métodos como el de los proyectos y el de la investigación, así como el uso de ciertas técnicas como la discusión socializada, la

exposición, el panel, el conversatorio, la dramatización y el coloquio, además de la convergencia de ciertas áreas del currículo escolar, facilitan la puesta en escena de la expresión de los discentes y le proporcionan un aprendizaje global”. De aquí que se optara por la exposición de las investigaciones.

Para la exposición de su tema de investigación, se pidió a los estudiantes que elaboraran un pequeño cartel de 60 x 90 cm con el cual se apoyarían para realizar una exposición de 10 minutos (7 minutos para exponer y 3 minutos para preguntas), esto debido a que el número de equipos en el grupo era muy grande y todos debían exponer en la misma sesión para evitar la pérdida de interés en cada una de las exposiciones.

Para ejemplificar los carteles que presentaron los alumnos se muestran un par de ellos a continuación:



Figura 5.15 Ejemplos de carteles elaborados por los alumnos

Esta sesión fue muy interesante e interactiva pues por un lado, en su tiempo de exposición (7 minutos) los equipos demostraron conocimiento del tema y sobre todo, trataron de transmitir lo que más les llamó la atención de su investigación (aquí hay que recordar que la exposición no era el Diagrama Heurístico sino básicamente la pregunta y respuesta y todo aquello “extra” que los alumnos quisieran decir de lo investigado).

Por otro lado, la sesión de preguntas fue algo muy bueno pues a la mayoría de los equipos se les hicieron preguntas: algunas para aclarar algún concepto pero otras con verdadero interés por saber más sobre lo que estaban diciendo. En algunas ocasiones fue la profesora quien intervenía con alguna pregunta y lo más sorprendente de todo es que cuando los equipos cuestionados no podían responder, el resto de los alumnos contestaba o daba ideas sobre la posible respuesta: la mayoría de los casos acertaban o se acercaban mucho a la respuesta correcta²⁰.

En términos generales ésta es una actividad exitosa pues los alumnos comparten su trabajo con el resto de los compañeros, participan y se retroalimentan, lo cual está en concordancia con lo que dice Sanmartí (2002, p. 238): “la actividad [de explicación] tiene una doble función mediadora: estimular a los que aprenden para que ‘pongan en forma’ lo que han oído o leído y lo que piensan, y favorecer la regulación interactiva contrastando las distintas explicaciones y sugiriendo cambios. La expresión verbal de las ideas posibilita tanto su organización como que se puedan discutir y validar, contribuyendo todo ello a la construcción del conocimiento. De la misma forma en que los científicos exponen sus ideas e ideas en congresos y publicaciones con la finalidad de que la comunidad científica las evalúe, los estudiantes dan a conocer las suyas en el marco de las actividades didácticas”.

²⁰ Desafortunadamente, por la carencia de tiempo y recursos, no fue posible obtener evidencia (audio, video o algún texto) de estas presentaciones.

Quizá uno de los aspectos que sería susceptible de modificar es el tiempo en el que se da la exposición pues en algunos casos la discusión o el debate sobre algún punto tenía que ser “cortado” pues había que ir de acuerdo con el tiempo marcado. Aún así consumimos algunos minutos de la siguiente hora pues en algunos casos era tal la participación de todos los alumnos –más allá del propio equipo- que valía la pena dejarlos hablar a costa de consumir minutos de más.

5.3.2 Evaluación del nivel de competencia argumentativa.

Esta evaluación –como ya se mencionó en la Metodología- se hace con un primer ejercicio relacionado al tema de su Diagrama Heurístico y posteriormente se hace en el examen final.

En la primera parte, además de evaluar la competencia argumentativa (Harada, 2009; Solbes, *et al.*, 2010), se pretende vincular el Diagrama Heurístico como herramienta para la argumentación de acuerdo al modelo de Toulmin (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2009; Sardá y Sanmartí, 2000; Solbes *et al.*, 2010) y para ello se diseñó el siguiente ejercicio:

QUÍMICA III		Fecha: martes, 13 de abril de 2010
NOMBRE: _____		EQUIPO: _____
CONCLUSIÓN:		
EVIDENCIAS (DATOS):	JUSTIFICACIÓN:	REFUTACIÓN:
ARGUMENTACIÓN COMPLETA:		
<small>RECUERDA: CONCLUSIÓN: Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado. DATOS: Hechos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión. JUSTIFICACIONES: Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión. REFUTADORES: Son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza.</small>		

Figura 5.16 Formato para ejercicio de argumentación con uso del Diagrama Heurístico (Tomado y modificado de Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2009)

En la parte de “conclusión” se dio para cada equipo, una de las conclusiones a las que ellos mismos llegaron en su propio Diagrama Heurístico para responder a la pregunta. Las conclusiones correspondientes a cada equipo son las siguientes:

EQUIPO	CONCLUSIÓN
AH1N1	“El hierro es el metal más usado en las construcciones”
Chocoretas	“Las estalagmitas se forman por la cristalización de carbonato de calcio”
Copines	“Actualmente, el oro es de gran interés económico a nivel internacional”
Equipo	“El mejor método para el reciclado del cobre es el de fundición”
Friends	“El enfriamiento del magma es determinante para la formación de cristales minerales”
Grifos	“No es posible la existencia de la piedra filosofal”
Guapísimos químicos	“Hay una gran variedad de procesos de extracción de los diamantes”
Hooligans	“El color de los fuegos artificiales se debe a la combustión de sales metálicas”
Sobrevivientes de Balderas	“El carbono es un mineral alotrópico”
Sobrinos del tío Gamboín	“La producción de plata no es trascendental para la economía de México”.
Totopos	“Los minerales presentan una variada coloración debido a la presencia de centros de color en su estructura, al estado de oxidación de los elementos que lo componen, a las inclusiones e impurezas de éstos y a la estructura de red cristalina que presenten”

Tabla 5.4 Conclusiones tomadas de los *DH-versión 3* de cada equipo para ejercicio de argumentación

Como vemos en el formato, después de leer la conclusión, los estudiantes debían identificar: evidencias (datos), justificación, refutaciones (si las había) y finalmente dar una argumentación completa a partir de los tres apartados anteriores. Todo esto con la ayuda de su Diagrama Heurístico en la versión final.

Lo que puede observarse en los textos de los estudiantes es que con sus Diagramas es relativamente fácil que identifiquen las *Evidencias o datos* pues

éstos son obtenidos tanto de los *Hechos*, las *Aplicaciones* y los propios datos obtenidos por ellos en su investigación (la *Metodología* en el Diagrama). A continuación se transcriben un par de los mejores ejemplos del apartado “Evidencias”.

Ejemplo 1:

CONCLUSIÓN:

“El color de los fuegos artificiales se debe a la combustión de las sales metálicas”

EVIDENCIAS (DATOS):

“Si se observan los fuegos artificiales se puede notar que éstos al entrar en contacto con el fuego producen iluminaciones de muy variados colores; por lo que al experimentar con varias sales metálicas, al entrar en combustión notamos que producían flamas distintas dependiendo de cuál empleáramos, por lo que supusimos y comprobamos después que los fuegos artificiales dependiendo de las sustancias para su elaboración empleadas, cambian de color”.

Ejemplo 2:

CONCLUSIÓN:

“Hay una gran variedad de procesos de extracción de los diamantes”

EVIDENCIAS (DATOS):

“El diamante es un mineral muy valorado debido a sus propiedades. Se han encontrado diferentes minas con distintas características y una gran variedad de diamantes”.

En el caso de la *Justificación*, la situación es un poco distinta pues esta justificación deriva del *Modelo* descrito en el Diagrama, y dado que en la mayoría de las investigaciones no fue fácil encontrar el modelo específico que ayudara a explicar la respuesta, esta parte de la argumentación quedó incompleta y en algunos casos incorrecta. Cabe señalar que aún cuando para Jiménez-Aleixandre y Puig (2010) “el objetivo esencial de la argumentación es la participación del alumnado en las prácticas científicas de construir, evaluar y revisar modelos”, no significa que al no haber identificado claramente un modelo en los Diagramas, los alumnos no hayan comprendido que es justamente el modelo (científico, filosófico,

histórico, etc.) el que justifica y soporta teóricamente lo que están argumentando. Como podemos observar en los siguientes ejemplos, varios de los alumnos pudieron identificar que lo que debían escribir en ese apartado era el sustento teórico, de este modo aunque con deficiencias (tanto de conocimiento como de comprensión), escribieron una justificación aceptable:

Ejemplo 3:

CONCLUSIÓN:

“Las estalagmitas se forman por la cristalización del carbonato de calcio”

EVIDENCIAS (DATOS):

- “- Las estalagmitas se forman por la filtración de agua con minerales (CaCO_3) que al escurrir deja estos minerales y al acumularse estos forman estalactitas; y al mismo tiempo el agua al caer forma las estalagmitas de abajo hacia arriba.*
- Éstas crecen 2.5 cm cada 100 0 150 años.*
- Las estalactitas son huevas, cilíndricas y de poco espesor (caen).*
- Las estalagmitas son sólidas.”*

JUSTIFICACIÓN:

“Se puede saber que las estalagmitas se forman por la cristalización de CaCO_3 ya que de acuerdo al Modelo de Cristalización El cual dice: ‘La operación de cristalización es aquella que por medio de la cual se separa un componente (en este caso CaCO_3) de una solución líquida (H_2O) transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan’ y forman las estalactitas y estalagmitas”.

Ejemplo 4:

CONCLUSIÓN:

“El mejor método para el reciclado del cobre es el de fundición”

EVIDENCIAS (DATOS):

- “- El cobre es de gran importancia económica.*
- Hay dos métodos de reciclado [de cobre]: fundición y electrólisis.*
- Fundición utiliza menos cosas (maquinaria).*
- Electrólisis utiliza más cosas (sustancias, maquinaria)”*

JUSTIFICACIÓN:

“De acuerdo a un modelo económico, el proceso de fundición necesita menos capital que otro proceso como es el de electrólisis. Esto debido a la maquinaria utilizada, la cual en fundición es mínima”.

Finalmente, la *Refutación* fue la parte más compleja de identificar pues para poder tener excepciones se requiere un amplio conocimiento del tema del que se está hablando. Además, estas excepciones no necesariamente aparecen en el Diagrama Heurístico por lo que los alumnos debían pensar un poco más y partir de su conocimiento individual del tema para responder a este apartado. Del total de los alumnos que resolvieron este ejercicio, el 13.5% no escribieron nada, el 40.5% escriben algo incorrecto que no tiene nada que ver con una refutación, el 19% escriben algo incompleto o mal redactado respecto a las excepciones y el 27% escriben lo más parecido a una refutación.

Ejemplo 5:

CONCLUSIÓN:

“Hay una gran variedad de procesos de extracción de los diamantes”

EVIDENCIAS (DATOS):

*“- El diamante es un mineral muy valorado debido a sus propiedades.
- Se han encontrado diferentes minas con distintas características y una gran variedad de diamantes.”*

JUSTIFICACIÓN:

*“- Los diamantes van a formarse en diferentes condiciones del medio.
- A mayor profundidad, mayor tamaño y a menor profundidad, menor tamaño.”*

REFUTACIÓN:

“Excepto en los diamantes sintéticos (artificiales) ya que estos son hechos por el hombre y no naturalmente”.

Ejemplo 6:

CONCLUSIÓN: “El carbono es un mineral alotrópico”
EVIDENCIAS (DATOS): “- El carbono puede cristalizar en tres diferentes formas. - La alotropía es que a partir de un mismo material se den diferentes formas. - A partir del carbono se puede obtener: carbón, grafito, diamante.”
JUSTIFICACIÓN: “ El carbono cuando se encuentra en diferentes condiciones como temperatura y presión suele cristalizar en diferentes formas. - A una profundidad de 150 km, la presión y temperatura son mayores por lo que el carbono cristalizará en diamante. - A una profundidad de unos 2 km, la presión y temperatura no son suficientes para formar diamante por lo que el carbono queda como carbón natural.”
REFUTACIÓN: “En condiciones iguales el carbono solo cristalizará en una sola cosa, por ejemplo carbón pero si cambian las condiciones de temperatura y presión entonces cristalizará diferente, por ejemplo en un diamante”.

Finalmente, a partir de la argumentación completa que escriben los alumnos, es posible medir el nivel de competencia argumentativa partiendo de las categorías de Solbes, *et al.* (2010) en el método *clúster* y modificadas para la aplicación en esta secuencia:

Nivel 1	Una conclusión frente a una contra-conclusión u otra conclusión.
Nivel 2	Una conclusión frente a otra con datos, justificación pero sin ninguna refutación.
Nivel 3	Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales.
Nivel 4	La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte.

**Tabla 5.5 Niveles de competencia argumentativa
(Tomados y modificados de Solbes, *et al.*, 2010)**

Los resultados son:

	% de alumnos
Nivel 1	11
Nivel 2	57
Nivel 3	32
Nivel 4	0

Tabla 5.6 Resultados de la medición del nivel de competencia argumentativa

Lo que se puede concluir de estos resultados es que la mayoría de los estudiantes tienen *Nivel 2* de competencia argumentativa, es decir, pueden identificar datos y justificaciones pero no refutaciones. Pocos son los estudiantes que sólo escriben la conclusión sin justificación (*Nivel 1*) y esto puede deberse a la poca participación que tuvieron en la elaboración del Diagrama²¹ (recordemos que fue hecho en equipo) y por lo tanto tenían poco conocimiento del tema. Esto coincide con los resultados de Solbes, et al. (2010, p. 73), en los que se manifiesta que “los alumnos tienen un nivel muy bajo de competencia argumentativa [...] sólo uno de cada tres grupos ha conseguido nivel 4...” Sin embargo, en nuestro caso, es importante la cifra del 32% de los estudiantes que alcanzaron el *Nivel 3*, considerando el poco tiempo dedicado al desarrollo de esta competencia argumentativa, una de las posibles razones de este hecho es el desarrollo del propio Diagrama Heurístico y las habilidades desarrolladas por los alumnos en la elaboración del mismo.

²¹ Esto pudo apreciarse en las reuniones de revisión hechas entre los integrantes del equipo y la profesora: al cuestionarlos, algunos sabían más del tema, contribuían con más información o preguntas, mientras que otros no.

5.3.3. Examen

Como se describió en la metodología, el examen puede dividirse en tres secciones: 1) la asociación de palabras, 2) ejercicios, y 3) argumentación, de modo que el análisis se hará siguiendo estas tres partes pero haciendo una comparación entre los resultados del examen diagnóstico y el examen final (Anexo 11).

1) Asociación de palabras.

Para la evaluación de la asociación de palabras se hicieron varias consideraciones (Chamizo, 1996; Lee, 1993; White y Gunstone, 1992):

- Sólo se les dio 3 minutos para escribir el mayor número de palabras posibles, primero para el término mineral y después para el término metal.
- A pesar de que en las indicaciones se pide que no utilicen adjetivos calificativos como *bonito*, *caro*, *feo*, etc. sí se tomaron en cuenta aquellos adjetivos que tuvieran que ver con alguna de las propiedades físicas características de los minerales y metales, por ejemplo: *crystalino*, *nacarado*, *dúctil*, *maleable*, etc. si aplicaba para cada caso.
- Al hacer el conteo de palabras, se eliminaron aquellas que no tenían una relación directa con el tema.

Para aclarar lo anterior consideraremos el siguiente ejemplo de uno de los estudiantes:

1.	Mineral:	<u>Alacromático</u>
2.	Mineral:	<u>poliformico</u>
3.	Mineral:	<u>geométrico</u>
4.	Mineral:	<u>sólido</u>
5.	Mineral:	<u>compuesto</u>
6.	Mineral:	<u>natural</u>
7.	Mineral:	<u>Orgánico</u>
8.	Mineral:	<u>frágil</u>
9.	Mineral:	<u>resistente</u>
10.	Mineral:	<u>deforme</u>
11.	Mineral:	<u>brillante</u>
12.	Mineral:	<u>dúctil</u>
13.	Mineral:	<u>magnético</u>
14.	Mineral:	<u>conductor</u>
15.	Mineral:	<u>duro</u>
16.	Mineral:	<u>Poroso</u>
17.	Mineral:	
18.	Mineral:	
19.	Mineral:	
20.	Mineral:	

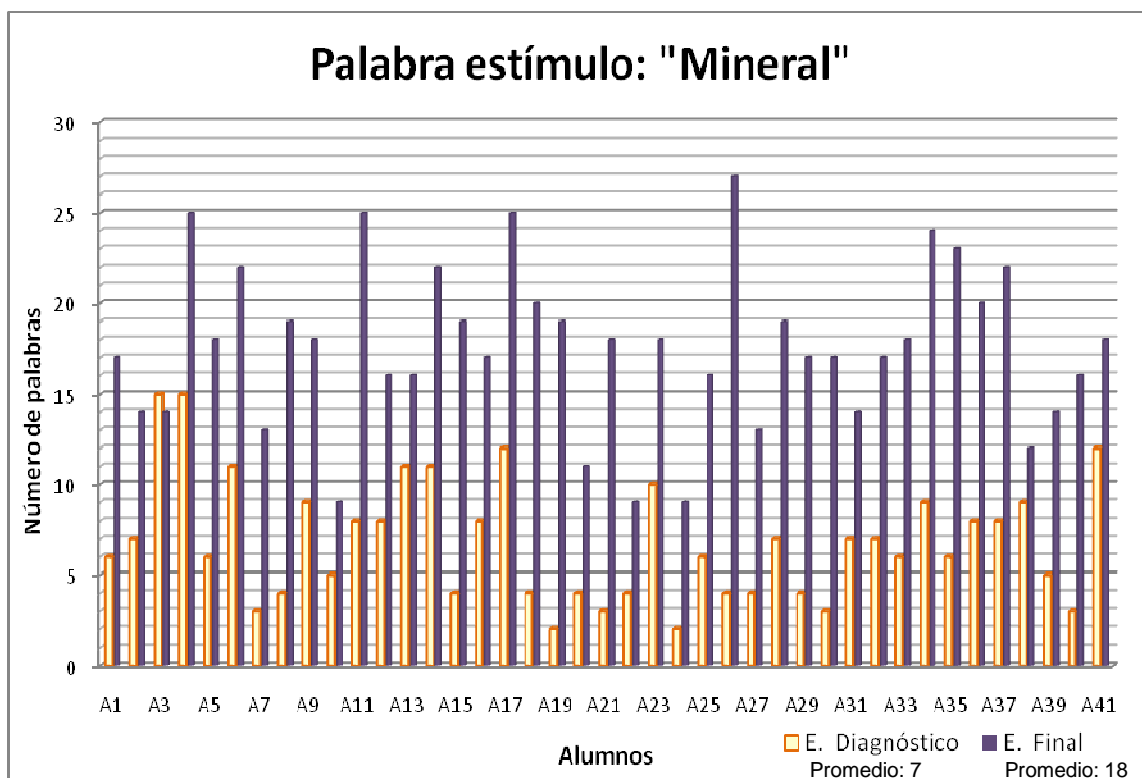
Figura 5.17 Ejemplo de respuestas para prueba de Asociación de palabras

En este caso, no se cuenta la palabra “orgánico” pues los minerales por definición son materiales inorgánicos. La palabra “polifórmico” tampoco se considera porque no existe tal término. Tampoco se consideran las palabras: *frágil*, *resistente*, *deforme*, *brillante* y *poroso* pues corresponden a la categoría de los adjetivos calificativos que se pidió no escribieran. En cuanto a la palabra: *dúctil* no se suma a la lista por estar asociada más bien a una propiedad física de los metales y no de los minerales.

Se ha encontrado en la literatura que este tipo de test de asociación de palabras son muy útiles para detectar los cambios “*pre- y post- instructions*” (Shavelson, 1972; Cachapuz y Maskill, 1978; Hovardas y Korfiatis, 2006, en Nakiboglu, 2008) de modo, que el análisis que se hará a continuación se refiere a los cambios encontrados entre el examen diagnóstico y el examen final. Cabe aclarar que este análisis se realizó sobre una base de 41 alumnos, número menor al del número de estudiantes en el grupo debido a que algunos de ellos no se presentaron al

examen diagnóstico, al examen final o a ambos, por lo que se ajustó al número de estudiantes que hicieron ambas pruebas.

La primera asociación que se analizará es la palabra mineral. Podemos observar los resultados en la Gráfica 1:

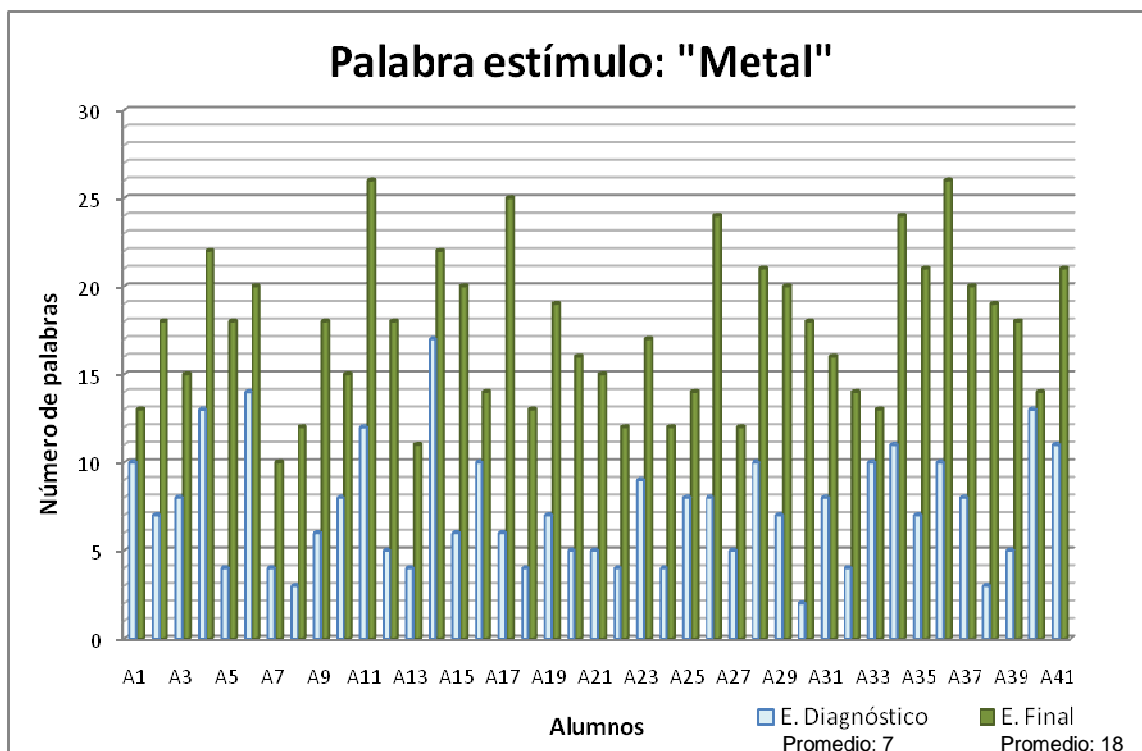


Gráfica 5.1 Número de asociaciones para la palabra estímulo “Mineral”

Lo que vemos a simple vista es que hay un aumento considerable en el número de asociaciones que hacen los estudiantes entre el examen diagnóstico y el examen final: para el examen diagnóstico sólo siete estudiantes escribieron más de diez palabras (17%); mientras que en el examen final son 38 alumnos (93%) quienes tienen más de la mitad de asociaciones pedidas e incluso podemos decir que de esos 38, el 24% escribe más de 20 palabras.

Algo similar ocurre para la palabra estímulo “metal”, si observamos la Gráfica 2, tenemos que en el examen diagnóstico sólo el 17% tiene más de diez palabras, mientras que en el examen final todos los estudiantes escriben más de la mitad de

las asociaciones pedidas. Además, en este caso, el 24% del total de alumnos tiene más de 20 palabras.



Gráfica 5.2 Número de asociaciones para la palabra estímulo "Metal"

El análisis de la asociación de palabras, no sólo puede hacerse desde el punto de vista del número de asociaciones, sino también del tipo de palabras que los estudiantes asocian con la palabra estímulo. En este caso, para la palabra *mineral*, el tipo de palabras que los estudiantes asociaron en el examen diagnóstico son las siguientes:

EXAMEN DIAGNÓSTICO (Mineral)	
Palabra	Frecuencia
Mina(s)	23
Tierra	16
Roca(s)	11
Oro, sólido	9
Duro, plata	8
Agua	7
Piedra(s)	6
Dureza, extracción, metal, sal(es)	5
Brillante/brilloso, carbón, elementos, excavación, ígnea, maleable/maleabilidad, mezcla	4
Aleación , cobre, compuesto, cristales, cuarzo, fundido/fundir/fundición, joyas, minería, mineros, montaña, naturaleza, sedimento(s), sedimentaria, subterráneo	3

Tabla 5.7 Frecuencia de palabras en el Examen Diagnóstico para el estímulo “Mineral”

Lo que podemos ver es que las palabras que aparecen con mayor frecuencia, básicamente corresponden a los conocimientos que tienen del tema derivados de sus clases de geografía (*mina, tierra, roca, etc.*).

Por otro lado, en el examen final, las palabras que aparecen con mayor frecuencia son distintas y denotan un mayor conocimiento tanto de la propia definición del término mineral (*inorgánico, sólido, homogéneo, natural, etc.*) como de las propiedades que lo caracterizan (*alocromático, idiocromático, fluorescencia, dureza, raya, hábito, etc.*) (Hurlbut, 198; Klein y Dutrow, 2001; Tarbuck, 2005):

EXAMEN FINAL (Mineral)	
Palabra	Frecuencia
Alocromático	31
Idiocromático	28
Inorgánico	25
Fluorescencia	24
Dureza	23

Raya	23
Hábito	22
Sólido	20
Mina(s)	16
Brillo, color, cristal(es), homogéneo, mena	13
Calcita, cristalización, cuarzo, nativos	12
Diamante, natural	11
Extracción	10
Exfoliación	8
Yeso	7
Geoda, magma, mineraloides, sales, silicatos	6
Carbonatos, compuesto, cristalino(a), economía, estructura, fluorita, forma, industria, metálico, oro, red, roca(s)	5
Calcófilo, fractura, joya, propiedades, sedimentación, sulfuro, temperatura	4
Composición, dendrítico, estalagmitas, estalactitas, obsidiana, plata, siderófilo	3

Tabla 5.8 Frecuencia de palabras en el Examen Final para el estímulo “Mineral”

Prácticamente podemos observar la misma tendencia con la segunda palabra estímulo, *metal*.

EXAMEN DIAGNÓSTICO (Metal)	
Palabra	Frecuencia
Dureza	22
Maleabilidad	20
Conductividad	19
Oro, plata	14
Ductilidad	13
Elemento, sólido(s)	10
Cobre, electricidad	9
Brillo, fundición/fundir, hierro, mina(s)	8
Aleación , calor, enlace	6
Extracción, oxidación, pesado(s), resistencia, tabla periódica	4
Aluminio, electroconductor, electrones, material, metaloide, metalurgia, mineral, tierra	3

Tabla 5.9 Frecuencia de palabras en el Examen Diagnóstico para el estímulo “Metal”

EXAMEN FINAL (METAL)	
PALABRA	FRECUENCIA
Aleación	35
Maleabilidad	31
Ductilidad, metalurgia	27
Brillo	26
"Conductividad eléctrica"	20
Plata	18
Dureza	17
Mena	16
Oro, siderófilos	15
Conductividad, repujado	14
"Conductividad térmica", pepita	13
Calcofilos, extracción, forja/forjado, fundición, nativo, refinación	12
Economía, hierro, litófilo, reducción	10
Bronce, esgrafiado, filigrana, mina, oxidación	9
Electricidad	8
Cobre, dorado, meteorito, sólido, "tratamiento preliminar"	7
Acero, construcción, herramienta, industria, mercurio, mineral, plateado	5
Alquimia, "enlace metálico"	4
Átomo, compuesto, densidad, electrón, magnetismo, minería, moneda, óxido, "piedra filosofal"	3

Tabla 5.10 Frecuencia de palabras en el Examen Final para el estímulo "Metal"

Aquí observamos no sólo un aumento en el número de conceptos sino una mayor frecuencia en las palabras que aparecen en ambas pruebas, por ejemplo: *aleación, maleabilidad, conductividad, brillo, etc.* Además aparecen palabras nuevas en el vocabulario asociado como: *mena, pepita, siderófilos, calcófilos, oxidación, reducción, etc.* (Brown,2004; Chamizo y Garritz, 1991; Chang 2002).

Lo que podemos ver entonces, es que hay un cambio considerable entre el lenguaje que manejan los estudiantes al final de la secuencia con respecto al inicio de la misma: no sólo hay un mayor número de asociaciones (en promedio, el 96.5% de los estudiantes escribe más de de 10 asociaciones en el examen final para ambas palabras estímulo, mientras que en el examen diagnóstico, apenas es el 17%) sino que la complejidad de los conceptos que manejan también aumenta, de la misma manera que se ha reportado en otros estudios sobre evaluación del aprendizaje a través de la asociación de palabras (Nakiboglu, 2008).

2) Ejercicios.

En esta parte del examen se tienen tres ejercicios: en el primero, se pide que definan y caractericen una roca, un mineral y un metal y den ejemplos de los mismos. En el segundo se relaciona el tema de minerales con la situación mexicana y en el tercero se deben aplicar los conocimientos de identificación de materiales a partir de sus propiedades físicas y químicas.

Ejercicio 1. El enunciado es el siguiente:

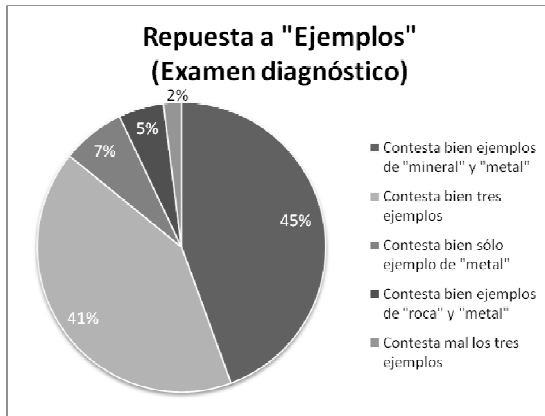
3. Completa el siguiente cuadro de acuerdo a lo que sepas de cada uno de los siguientes materiales:

	Escribe un ejemplo (nombre)	Escribe tres de las propiedades que lo distinguen	Escribe cómo podemos expresar su constitución química
ROCA			
MINERAL			
METAL			

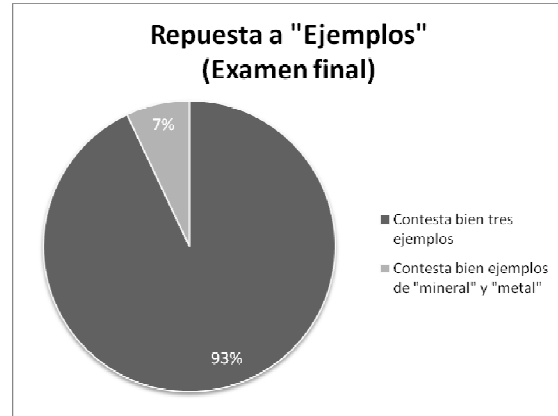
Figura 5.18 Formato del primer ejercicio

Para este ejercicio podemos partir del análisis de cada una de las partes, es decir, analizando las diferencias entre las respuestas de los estudiantes para el examen diagnóstico y para el examen final considerando cada columna.

El propósito de la primera columna es que los alumnos puedan identificar una roca, un mineral y un metal, los resultados se muestran en las siguientes gráficas:



Gráfica 5.3 Porcentaje de respuestas relacionadas a "Ejemplos" de roca, mineral y metal en el Examen Diagnóstico.

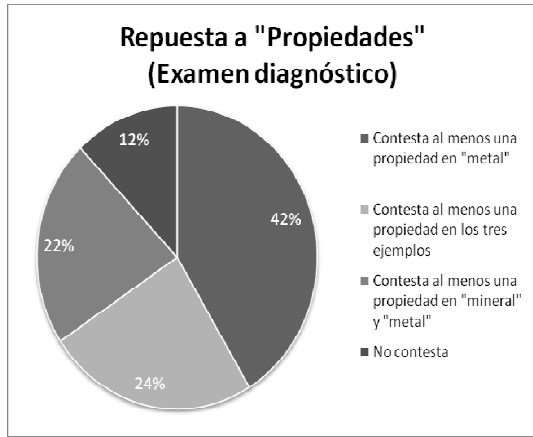


Gráfica 5.4 Porcentaje de respuestas relacionadas a "Ejemplos" de roca, mineral y metal en el Examen Final.

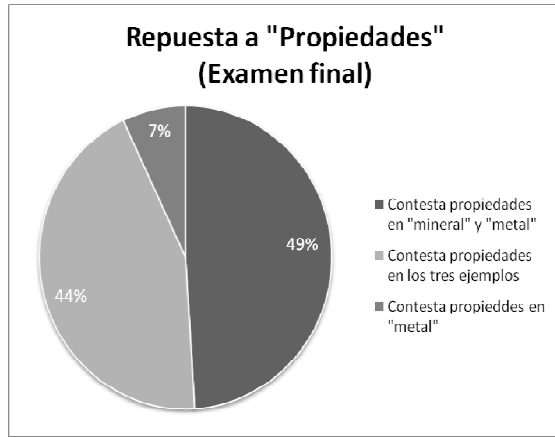
Lo que podemos observar es que en el examen diagnóstico sólo el 41 % de los alumnos da un ejemplo para todos los materiales que se le piden y el resto de ellos puede dar ejemplos sólo para uno o dos de los materiales propuestos.

En el caso del examen final, la situación es considerablemente distinta: el 93% de los alumnos puede escribir todos los ejemplos solicitados. Aquí es importante señalar que de esta mayoría, el 53% de los que responden al ejemplo de roca, sólo escriben un tipo: *metamórfica*, *ígnea* o *sedimentaria* y no un nombre específico: *basalto*, *esquistos*, *gneis*, etc. (Hurlbut, 198; Klein y Dutrow, 2001; Tarbuck, 2005) Sin embargo, esto fue tomado como correcto debido a que en clase no se pretendía abundar en el estudio de las rocas y sus nombres, sino más bien tomarlas como base para el estudio de los minerales.

Para la siguiente columna en donde se pide que escriban algunas propiedades que distinguen a esos materiales, los resultados son:



Gráfica 5.3 Porcentaje de respuestas relacionadas a "Propiedades" de roca, mineral y metal en el Examen Diagnóstico.



Gráfica 5.4 Porcentaje de respuestas relacionadas a "Propiedades" de roca, mineral y metal en el Examen Final.

Del examen diagnóstico podemos observar que sólo el 24% de los estudiantes responde al menos una propiedad de todos los materiales, el 22% puede dar alguna propiedad para un mineral y un metal, mientras que la mayoría –el 42%– sólo puede dar propiedades de los metales. Esto puede deberse al hecho de que los alumnos tienen un mayor conocimiento de los metales de sus cursos anteriores de química con respecto a los minerales y las rocas. Por otro lado, en el examen final, el 44% puede identificar propiedades de los tres materiales, 49% sólo de los minerales y metales y el 7% sólo de los metales. El porcentaje cambió considerablemente respecto al examen diagnóstico.

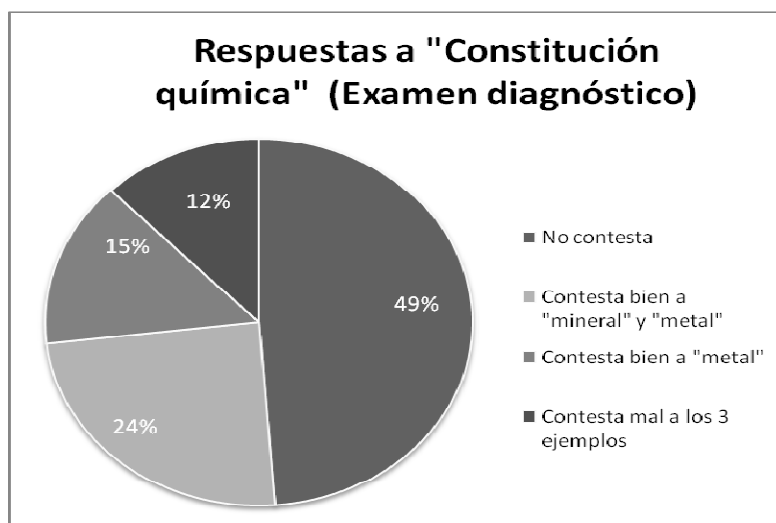
Es importante recalcar que en el examen diagnóstico muy pocos alumnos pueden escribir las tres propiedades de cada material y se limitan a escribir una o dos; mientras que en el examen final, sí se contestan correctamente las tres propiedades para cada material. Otro aspecto a considerar es el tipo de propiedades que pueden identificar; para tener una idea del cambio en el conocimiento de los alumnos antes y después de la aplicación de la secuencia, a

continuación se muestran las propiedades más frecuentes que escriben para cada caso:

	PROPIEDADES	
	Examen diagnóstico	Examen final
ROCA	<i>Porosa, dura, no pesada, se puede fundir, color rojo, fuerte, frágil, blanca, sedimentaria, lisa.</i>	<i>Dureza, sólida, poroso, formado de sedimentos, baja densidad, presenta cristales pequeños.</i>
MINERAL	<i>Duro, cristalino, opaco, transparente, delicado, ligero, gris, colores claros, áspera.</i>	<i>Hábito, raya, color, fluorescencia, dureza, idiocromático, alocromático, cristalino, propiedades ópticas.</i>
METAL	<i>Duro, pesado, conduce electricidad, dúctil, brillante, maleable, alto punto de fusión.</i>	<i>Brillo, conductividad eléctrica, conductividad térmica, maleable, dúctil, se oxida.</i>

Tabla 5.11 Comparativo entre las principales propiedades que los alumnos identifican para roca, mineral y metal entre los Exámenes Diagnóstico y Final

La tercera columna está relacionada con que los estudiantes puedan identificar cómo está constituido cada uno de los materiales que se le piden. Dado que esta pregunta podría estar relacionada con sus conocimientos de nomenclatura, para evitar que el desconocimiento de ésta interviniera negativamente en los resultados, se pidió a los alumnos que si no podían escribir alguna fórmula, que sólo “describieran” cómo estaría constituido el material. El propósito del ejercicio es que puedan identificar a los materiales como *mezclas* en el caso de las rocas; *compuestos* en el caso de los minerales y *elementos* en el caso de los metales (en este último caso, puede considerarse la excepción de que algún estudiante considerara como ejemplo de metal una aleación, de ser el caso, en la composición química debían escribir “mezcla de...” para que fuese aceptado como correcto). Los resultados son:



Gráfica 5.5 Porcentaje de respuestas relacionadas a "Constitución química" de roca, mineral y metal en el Examen Diagnóstico.



Gráfica 5.5 Porcentaje de respuestas relacionadas a "Constitución química" de roca, mineral y metal en el Examen Final.

Se observa de estos resultados un cambio considerable entre el examen diagnóstico y el examen final. En el primero, prácticamente la mitad de los estudiantes no contestan este apartado del examen, mientras que en el examen final, el porcentaje es inverso: el 52% contesta bien para los tres materiales y sólo el 7% no contesta o contesta mal. Un par de ejemplos de las respuestas en el examen final son:

"Escribe cómo podemos expresar su constitución química"		
	Alumno 1	Alumno 2
ROCA	"Está compuesto por una mezcla de minerales".	"Una roca es una mezcla de muchas cosas, se podría decir qué es la mayor parte de su composición pero no se puede definir exactamente con una fórmula".
MINERAL	"Suelen ser compuestos (SiO ₂)".	"SiO ₂ "
METAL	"Suelen ser elementos (Al) o mezclas de éstos".	"Au"

Tabla 5.12 Ejemplos de las mejores respuestas para "constitución química" entre los Exámenes Diagnóstico y Final

Ejercicio 2. La pregunta es:

4. ¿Consideras que México tiene importancia mundial respecto a los recursos minerales?

Figura 4.19 Formato del segundo ejercicio

Esta pregunta está relacionada con la visita al Museo Franz Mayer, con la lectura que hicieron sobre minerales y metales e incluso con el tema de investigación de uno de los equipos (*Sobrinos del tío Gamboín*) por ello, en el examen final todos los estudiantes tienen una opinión más o menos fundamentada. Algunas de las respuestas son²²:

(A1): "Antes concluía que sí, debido al gran impacto que se le da a la producción de plata, sin embargo, al leer y hacer algunas investigaciones pude darme cuenta que aunque sí es un buen productor de metaloides o metales-minerales (menas)

²² Cabe aclarar que para facilitar la lectura, se ha corregido la ortografía de los textos de los estudiantes.

[después trabajadas con la metalurgia] en comparación con los productores mundiales es muy baja la producción que tiene acerca de estos recursos naturales”.

(A2): “En ciertos minerales sí, ya que hay una gran variedad de minas, de donde es posible obtenerlos, un ejemplo de estos es Guanajuato. Lo malo de México es que no hay educación, esto hace que se exploten, robe estos recursos y se vayan acabando poco a poco”.

(A3): “Sí, pues México es uno de los principales productores de ámbar y plata, esta segunda encontrada en vetas minerales. Las exportaciones de recursos minerales tienen peso en la economía nacional y en sus actividades económicas destacando la minería por esto, a pesar de todo, poco podemos hacer con la producción si no hay una industria de transformación [...] Ha tenido cierto peso histórico en la economía del país, incluso desde el virreinato donde la minería fue la principal actividad económica de la Nueva España.”

(A4): “No en cuanto a la producción de minerales como el oro pero en cuanto algunos minerales como la plata es muy importante a nivel mundial debido a que es uno de los más grandes productores, así que digo que México es muy importante en cuanto se refiere a recursos minerales porque también tiene buenos yacimientos de hierro y otros minerales, lo que le permite exportar e importar un gran número de recursos minerales”.

(A5): “Sí, durante la visita al Museo de Geología, me di cuenta que la mayoría de los minerales, son encontrados en Estados de la República Mexicana, y son minerales muy preciosos, y con unas singulares características, como lo eran su tamaño, color y forma”.

(A6): “Sí, ya que México tiene grandes zonas mineras, por ejemplo en el estado de Hidalgo, Guanajuato, Chihuahua, que le permiten al país poder generar y producir

varias cantidades de minerales. De ellos se pueden extraer elementos como la plata y México es uno de los principales productores de plata”.

(A7): “Sí, porque tenemos muchos recursos minerales y podemos extraerlos de las diversas minas que tenemos, tenemos además una gran cantidad de minerales, es muy bien sabido de nuestras minas se obtiene carbón, algunos metales como la plata, sin embargo, no creo que ante los demás países tengamos una enorme importancia debido a que no podemos explotarlos en su mayoría como las minas de yeso”.

(A8): “Pues sí y no porque sí tiene una gran cantidad de recursos minerales de enorme valor, la riqueza que posee el país respecto a minerales es muy grande, pero NO porque México no posee la industria y maquinaria necesaria para explotar estos recursos sino por el contrario vienen empresas extranjeras a hacer uso de los recursos del país para ellos procesarlos y luego ofrecerlos a México”.

(A9): “Tiene poca importancia porque a pesar de tener cierta cantidad de recursos, no son explotadas de la mejor manera. Es uno de los principales productores de plata pero como ésta no es de un valor muy alto, no es tan importante a nivel económico. Por esto no es tan relevante a nivel mundial porque no favorece considerablemente a la economía del país”.

Por otro lado, en el examen diagnóstico, aunque la mayoría de los alumnos responden, lo hacen con poca argumentación limitándose a decir “sí, creo que sí” o “supongo que sí” o “no, no creo”. Al parecer carecen de suficiente información para sustentar su opinión.

Ejercicio 3. El enunciado es:

5. Imagina que eres un geólogo investigador y te llevan al laboratorio un trozo de un material desconocido sacado de una mina... tu trabajo depende de que puedas descubrir de qué material se trata... ¿qué harías para identificarlo?

Figura 5.20 Formato del tercer ejercicio

Para el análisis de esta pregunta, es muy importante recordar que se trabajó con el grupo durante todo el año en otros temas del programa y no sólo en esta secuencia. Debido a ello, en temas anteriores se abordó la identificación de materiales a partir de la medición de sus propiedades por lo que los conocimientos que tenían ya los alumnos previamente a estas actividades contribuyó a que tanto en el examen diagnóstico como en el examen final, los alumnos tuvieran una idea más o menos clara de lo que debían hacer y las diferencias entre una respuesta y la otra no son muy grandes.

Lo que puede mencionarse respecto a esta pregunta es que en el examen diagnóstico consideran como punto de partida básico: “observar sus propiedades físicas como: color, forma, tamaño”; después mencionan “Experimentaría con él” sin dar elementos claros de lo que harían y finalmente, un ejemplo de las respuestas más completas es: “*Experimentar con él, poniendo a prueba sus propiedades y después de tener muchas pruebas como: densidad punto de fusión o ebullición, si es posible solubilidad, conducción eléctrica, composición y apariencia física, etc. ya podría clasificarlo mejor*”.

A diferencia del examen diagnóstico, en el examen final y a partir de la práctica de laboratorio sobre propiedades de los minerales que se hizo en esta secuencia, los

alumnos consideran -además de los aspectos antes mencionados-, las propiedades de los minerales: hábito, raya, dureza, reactividad, etc. Algunos ejemplos de la descripción que hacen los alumnos se muestran a continuación:

(A1): *“Me fijaría en sus propiedades físicas como color, dureza, brillo, forma, hábito y después comparo con las de algún material parecido o con varios para probar cuál es”.*

(A2): *“Primero vería si tiene brillo, después qué tipo de hábito tiene, mientras me fijo si es cristalino, después observo si posee fluorescencia para después tomar un imán y ver si tiene propiedades magnéticas. Luego tomaría un pequeño fragmento de aquél material, lo molería hasta hacerlo polvo, y le haría una prueba para ver si tiene efervescencia para después tomar una muestra de los residuos de la prueba de efervescencia y pasarlo a la flama y ver qué coloración tiene. En caso de que fuera cristalino, lo pondría sobre un texto y vería a través del material para ver qué pasa con el texto; al mismo tiempo que observaría si tiene forma geométrica definida”.*

(A3): *“Para saber si se trata de un mineral, le haría pruebas como la del hábito, su color, fluorescencia, raya, dureza. Vería si tiene apariencia cristalina y si sus componentes se pueden distinguir, si no se distinguen se trataría de un mineral ya que los minerales son compuestos y además son homogéneos, vería si el material creció en una ganga. Además le haría pruebas químicas como tomar parte del material y triturarlo para mezclarla con ácido y ponerlo al fuego [...] y ver qué cantidad de carbonato tiene.”*

(A4): *“Para empezar haría procedimientos para concluir sus propiedades características, por ejemplo la raya que es el color de un mineral al pulverizarse finamente, su brillo, su color, su hábito, determinaría su composición química, clasificaría sus principales cualidades y conforme a los datos obtenidos*

determinaría cuál sería su semejante y de esta manera identificaría de qué material se trata”.

3) Argumentación.

En esta parte se dan dos ejercicios: uno relacionado a la definición de mineral y otro al polimorfismo. En ambos ejercicios se pide a los alumnos que argumenten sobre estos temas.

El primer ejercicio dice lo siguiente:

6. En su clase, Filiberto y Serafina están buscando ejemplos de minerales. Filiberto dice que el refresco “Tehuacán” es un ejemplo de ellos porque en la etiqueta tiene la leyenda agua mineral. Serafina dice que eso no es cierto. ¿Cuáles podrían ser los argumentos que dijeran uno y otro para defender su posición?

FILIBERTO argumenta que:	SERAFINA argumenta que:

Figura 5.21 Formato del primer ejercicio de argumentación

El propósito de plantearles este ejercicio es que de acuerdo con los resultados de la prueba piloto, resultó que los estudiantes suelen confundir al “agua mineral” como ejemplo de mineral (de hecho, esto también se observa en los resultados del

examen diagnóstico antes descritos), y esto se debe a que no hay conocimiento o claridad del concepto *mineral*. Por ello, en este ejercicio se pretendía que los estudiantes argumentaran tomando en cuenta sus conocimientos de este concepto y las partes de la argumentación de acuerdo con modelo de Toulmin (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2009; Sardá y Sanmartí, 2000; Solbes *et al.*, 2010).

En el examen diagnóstico, 22% de los estudiantes simplemente no contestan este ejercicio, mientras que el resto aunque sí escriben algo, no cumplen con todas las condiciones para la argumentación (hechos o datos, justificación y refutación). Un 10% basan su “argumentación” en la cuestión de la publicidad, es decir, intentan “justificar” su respuesta no con respecto al concepto de mineral sino con el hecho de que la publicidad miente y por ello, aunque en la etiqueta se venda “agua mineral”, esto es *falso*. Otro 10% argumenta en función del “procesamiento artificial” que sufre el refresco y por ello *no puede ser un mineral*. El resto, el 58% intentan argumentar con alguna característica de los minerales, por ejemplo: *que el agua mineral no es sólida, que no es dura, que un mineral se extrae del subsuelo, los minerales se obtienen de minas*, y en el mejor de los casos expresan que *tal vez contenga un mineral, pero no lo es*, aunque no explican completamente. Los textos de este primer examen ni siquiera pueden realmente ser considerados para establecer un nivel de competencia argumentativa.

Por el contrario, en el examen final todos los estudiantes contestan a esta pregunta. Sin embargo, el 27% dan argumentaciones pobres (Nivel 1 de competencia argumentativa), es decir, no sólo no cumplen con las tres partes de la argumentación, sino que mencionan apenas un par de propiedades de los minerales (dureza, brillo, etc.) o hacen referencia a su condición de ser natural, sin embargo no hay un texto coherente y se nota poco dominio del concepto. Un segundo grupo, el 73% de los estudiantes, presenta un mejor texto basándose en la definición de mineral y en sus propiedades (Nivel 2 de competencia argumentativa), es decir justifican su conclusión partiendo de esta definición. Hay que mencionar que algunos estudiantes de este grupo, consideran escribir una

refutación, lo cual indica que tienen presenten los aspectos básicos de la argumentación de acuerdo con Toulmin, sin embargo, son intentos poco afortunados en cuanto al contenido.

Para mostrar el avance individual que pudieron tener los alumnos en este ejercicio, a continuación se muestran tres ejemplos de las mejores argumentaciones finales, comparando el texto de los dos exámenes (diagnóstico y final) para el mismo estudiante:

Textos argumentativos para el ejercicio: “Serafina argumenta que...”		
Alumno	Examen diagnóstico	Examen final
(A1)	<i>“Eso es mentira, puesto que es pura propaganda”</i>	<i>“No es cierto, ya que si tú investigaras tan siquiera algo, sabrías más. Primero que nada Filiberto, están los hechos: los minerales son inorgánicos, tienen una composición química definida, naturales y tienen distintas propiedades como dureza, raya, brillo, hábito exfoliación, color, entre otras. Una escala de dureza sería la de Mohs para poder saber igual la dureza como lo dice de un mineral. Hay excepciones como todo, como lo minerales artificiales que son crecidos por el hombre. Dada toda esta información Filiberto, podemos concluir que el refresco “Tehuacán” no es un mineral ya que no tiene todas las propiedades de los minerales, solo o utilizan para vender más sobre todo a gente ignorante como tú”.</i>
(A2)	<i>“Porque no se encuentra en estado sólido, no brilla como muchos de los minerales, no se extrae directamente del suelo”.</i>	<i>“El Tehuacán no es un ejemplo de mineral. Las evidencias o datos son que los minerales son sólidos, el agua mineral es líquida. Las teorías que puedo utilizar son: los minerales son sólidos homogéneos, además son compuestos. Para comprobar que un mineral es un mineral se le pueden hacer varias pruebas como la raya, se puede ver su hábito, su color, su forma, su dureza, si es alo Cromático o</i>

		<i>idiocromático. Un mineral se desarrolla en el ágata y puede tener forma cristalina. En conclusión, el agua mineral no es un ejemplo de mineral porque no puede ser sometido a ninguna de estas pruebas antes mencionadas además no es sólido y por lo tanto NO ES UN MINERAL”.</i>
(A3)	No contestó.	<i>“Los minerales son sólidos, presentan formas definidas y características específicas como color, dureza y algo muy importante, tiene una composición química definida y una estructura atómica ordenada, basándose en esto Serafina argumenta que el Tehuacán no es un mineral porque no cumple con todas las propiedades que debe tener un material para ser considerado un mineral”.</i>

Tabla 5.13 Comparativo entre las argumentaciones de los alumnos para el primer ejercicio entre los Exámenes Diagnóstico y Final

El segundo ejercicio de argumentación es el siguiente:

7. En la naturaleza se observa la presencia de estos dos minerales:



ARAGONITA



CALCITA

Como puedes observar, tienen una apariencia muy distinta, sin embargo ambos minerales están compuestos de la misma sustancia química, carbonato de calcio (CaCO_3). Elabora una explicación fundamentada de este fenómeno.

Figura 5.22 Formato del segundo ejercicio de argumentación de la tercera sección del examen

En el examen diagnóstico el 32% no responden a este ejercicio y el resto de los alumnos aunque tienen una vaga idea de la respuesta no pueden argumentar y usan expresiones como: “podría ser que...”, “creo que...”, “me puedo imaginar...”, etc., por lo que los textos no pueden analizarse con los criterios para establecer un nivel de competencia argumentativa.

Por otro lado, en el examen final, todos los estudiantes dan una respuesta. El 24% de los textos dan una explicación más o menos acertada pero carecen de elementos propios de una justificación por lo que se quedan en el Nivel 1 de competencia argumentativa. El resto de los textos, el 76% tienen un uso del lenguaje tal que permite ubicarlos en un Nivel 2 de competencia argumentativa pues contienen conclusión y justificación (incluso algunos usan el modelo del alotropismo o polimorfismo para explicar el fenómeno) pero carecen de alguna refutación. Una vez más, se observa que en la medida que se tenga un amplio conocimiento del tema, la argumentación va mejorando, toda vez que los alumnos conocen la estructura básica de la argumentación.

Al igual que en el caso anterior, a continuación se dan ejemplos de los cambios en los textos de tres estudiantes con las mejores argumentaciones en el examen final:

Textos argumentativos para el ejercicio: “Aragonita y Calcita”		
Alumno	Examen diagnóstico	Examen final
(A4)	<i>“Pueden ser diferentes porque tuvieron un proceso de formación distinto, o pudo intervenir algún otro mineral, o su periodo de formación puede ser más largo de uno que de otro”.</i>	<i>“Existen en la naturaleza algunos minerales que tienen igual composición química pero diferente color, a estos se les llama alocromáticos, de la misma manera, también pueden existir minerales con la misma composición química pero diferente forma, a estos se les llama alotrópicos y esto puede deberse a distintas causas, por ejemplo, la manera en que se forman, en dónde se forman, la presión que tienen y la temperatura a la que se forman.</i>

(A5)	No contestó.	<i>“Esto puede ser ocasionado por varios factores como: el medio ambiente que los rodea, la temperatura, si hay algún otro mineral en formación a un lado, entre otras muchas cosas. Es también propiedad de los minerales ser alotrópicos como lo es tomar formas distintas a pesar de ser de la misma composición química”.</i>
(A6)	<i>“Tienen propiedades diferentes”</i>	<i>“Existe entre ellas un fenómeno llamado polimorfismo mineral que es que comparten la misma composición química pero distinta estructura cristalina por el lugar en donde crecen”</i>

Tabla 5.14 Comparativo entre las argumentaciones de los alumnos para el segundo ejercicio entre los Exámenes Diagnóstico y Final

Lo que puede observarse de este ejercicio es que sí hay un avance en la competencia argumentativa (Harada, 2009; Solbes *et al.*, 2010) de los estudiantes (aunque sea mínima). Sin embargo, debe quedar claro que es un proceso difícil que por un lado, requiere tiempo para ejercitarse en la argumentación y por otro, requiere de un amplio conocimiento del tema para poder tener elementos para argumentar. Esto se manifiesta en la comparación entre las argumentaciones de los estudiantes con los temas del examen final y las argumentaciones relacionadas a su tema: en este último caso, al haber trabajado con el Diagrama Heurístico, los alumnos tienen mejor ordenada la información y mayor conocimiento del tema por lo que sin duda, sus argumentaciones son mejores.

Conclusiones preliminares

Finalmente, de esta fase de evaluación puede concluirse que al final de la aplicación de la secuencia los alumnos tienen mayor conocimiento del tema: su lenguaje químico es más amplio y están en condiciones de aplicar sus conocimientos. Otro de los aspectos importantes es la cuestión de la argumentación. Como podemos ver, a pesar de que se trabajó poco con este aspecto, la elaboración del Diagrama Heurístico favoreció que los estudiantes pudieran identificar mejor las partes del modelo de argumentativo de Toulmin y como consecuencia, pudieran realizar mejores argumentaciones: el nivel de competencia argumentativa fue más alto cuando usaron la información del Diagrama Heurístico que cuando no lo usaron. Lo importante aquí, es observar que aprender a argumentar es un proceso complejo, que requiere tiempo y trabajo constante, pero que es una habilidad que debe desarrollarse no sólo en el ámbito de la ciencia sino de la vida en general.

6. CONCLUSIONES

En la actualidad, la ciencia se ha convertido en algo fundamental para la sociedad y ha pasado a formar parte de nuestras vidas no sólo en su forma de producto terminado sino también como conocimiento para tomar decisiones sobre: la vida personal (el uso de drogas, medicamentos, etc.), aspectos de la vida social (la contaminación, los alimentos transgénicos, etc.) o hasta en lo político (el calentamiento global, las gasolineras, etc.). Por ello, es necesario generar nuevas metodologías de enseñanza que hagan de la ciencia, una ciencia que se dedique a lo que tiene valor para la vida humana: que plantee un problema científico como un problema social, que tenga no un interés individual sino uno colectivo, que pase del pensamiento a la acción y, sobre todo, del conocimiento enciclopédico (la adquisición de conocimiento a partir de datos, fechas y nombres) a la comprensión, a la búsqueda y análisis de información, al razonamiento, y a la argumentación.

Sin embargo, para lograr lo anterior, se requiere que haya cambios en una serie de factores que pueden ir desde las políticas gubernamentales de educación; los propósitos particulares de las instituciones educativas; las condiciones socioeconómicas, psicológicas y académicas de los estudiantes en cada nivel educativo; las condiciones laborales, la preparación profesional y la aplicación de nuevas metodologías de enseñanza por parte de los profesores, hasta factores triviales como las instalaciones educativas o la falta de operatividad en cada escuela o institución. Pero, como una propuesta de mejora para todos y cada uno de estos factores rebasa -con mucho- los alcances del presente trabajo, sólo se ha puesto atención sobre lo que de alguna manera sí está a nuestro alcance: mejorar la aplicación de nuevas metodologías de enseñanza.

De modo que, se propone una manera diferente de abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje, tomando como punto de partida la Enseñanza estratégica y dentro de ella la aplicación de la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas a partir de la definición de problema de Toulmin, el uso de museos, la medición del nivel de competencia argumentativa y formas de evaluación poco

tradicionales como el Diagrama Heurístico y la asociación de palabras para abordar un tema de química en el bachillerato. De acuerdo con los objetivos planteados para este trabajo, es posible concluir que:

1. La introducción de cualquier estrategia al aula, por muy novedosa que sea, requiere siempre de conocer la cantidad y calidad de conocimiento que tienen los estudiantes sobre el tema a tratar, no sólo porque sirve como referencia del avance en el aprendizaje del alumno, sino también porque permite dirigir el proceso de enseñanza a conocimientos que el alumno irá construyendo a partir de lo que ya sabe. Con los resultados de este trabajo se puede ver cómo los conocimientos iniciales de un estudiante están condicionados a sus experiencias previas y que a medida que se va desarrollando la secuencia didáctica, tales conocimientos se van mejorando a través, por ejemplo, de un incremento en su lenguaje científico o una mejora de su competencia argumentativa.
2. La construcción de una secuencia didáctica que introduzca en el aula condiciones diferentes de aprendizaje a partir de la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas, tiene como implicación que los estudiantes puedan plantear problemas es decir, generar preguntas. Y para ello, son necesarias dos condiciones: una, que haya un interés del alumno por el tema y dos, que el estudiante tenga un conocimiento mínimo de dicho tema sobre el cual se generen inquietudes, dudas, preguntas. Esto quedó demostrado con los resultados obtenidos en esta investigación: las actividades iniciales de la secuencia propuesta, son suficientemente motivadoras como para atraer la atención de los estudiantes al tema. La visita a los museos, les brindó a los alumnos una manera distinta de mirar la clase de química pues la ciencia no sólo quedó en el aula y en el laboratorio sino que estuvo fuera: en las calles, en el centro de la ciudad, en otro espacio. Además, la clase de química no fue sólo de química, también fue de historia, economía, geología, arte, etc.

Es importante decir que, aunque las actividades del museo fueron quizá, las más motivadoras, no hay que pasar por alto que el resto de las actividades dentro de la primera Fase de la secuencia contribuyeron a que los estudiantes tuvieran un conocimiento básico del tema: experimentaron con materiales, leyeron, observaron videos, tomaron clase, etc., todas actividades que los llevaron a cuestionarse cosas. En otras palabras, el diseño de estas actividades iniciales debe hacerse con cuidado, con paciencia y conocimiento, pero sobre todo con claridad sobre los objetivos que se persiguen: dar elementos para generar interés y para generar preguntas.

3. Lograr que los estudiantes desarrollen su competencia científica y permitan que la clase de ciencias sea además de generadora de preguntas, estructuradora de conocimiento, transformadora del mundo y argumentadora, no es una tarea sencilla: requiere de mucho tiempo, de mucha paciencia, de mucha comprensión pero sobre todo, de mucha voluntad. A partir de los resultados se ha podido observar que tan sólo el planteamiento de preguntas para la investigación es todo un reto para los estudiantes (de este nivel y de cualquier otro), se requiere de ciertas condiciones, de cierto conocimiento y de mucha guía, es este caso, por parte del profesor. En este trabajo, al partir de la definición de *problema* de Toulmin y del uso del *Diagrama Heurístico* para resolución de dicho problema, quedó demostrado que es posible conseguir no sólo que los alumnos planteen preguntas, sino que además les den respuesta y con ello, en el camino, que estructuren su conocimiento al plantear hechos e identificar modelos, al comprender y aprender nuevo lenguaje. El proceso, no es sencillo, pero es posible y se pueden obtener grandes resultados: los alumnos aprenden, en buena medida porque es algo que les interesa y no que les es impuesto. Aprenden, porque se les da tiempo para pensar, para equivocarse, reflexionar y corregir. Aprenden, porque se les permite construir.
4. Respecto a la argumentación, se puede decir que con la aplicación de esta propuesta, los estudiantes aprenden también un esquema básico de lo que es argumentar y comprender el por qué es importante hacerlo. Hay que recordar

que la argumentación es una habilidad que se va desarrollando a partir del mejor conocimiento que se tiene de un determinado tema y con el ejercicio continuo de pensar sobre él y reelaborar dicho conocimiento, por lo que sería muy pretencioso esperar que bajo el contexto de este trabajo, los estudiantes tuvieran un nivel de competencia argumentativa alto; sin embargo, lo que sí puede concluirse es que al conocer y trabajar con el Diagrama Heurístico y a partir del Modelo argumentativo de Toulmin, los estudiantes aprenden un esquema básico de las partes constitutivas de una argumentación y cómo estas pueden ayudar a generar argumentaciones científicas. De este modo, el aprendizaje de la ciencia –de la química- es percibido por los estudiantes como algo que sirve para dar explicaciones de los fenómenos que observan, con base en pruebas y no a partir de creencias. El proceso es lento, incierto, pero en este trabajo se dio un pequeño (pero importante) paso.

Definitivamente, otra cosa que puede concluirse no sólo de las estrategias empleadas aquí sino de cualquiera que otra, es que debe de ir acompañada de la toma de conciencia del docente respecto a quién va dirigida esa estrategia: no hay que olvidar que los estudiantes son seres humanos diversos y que lo que para unos es evidente, para otros puede no serlo. Hay que conocer a los estudiantes con quienes trabajamos, acompañarlos, guiarlos y comprenderlos: escuchar su opinión, atender sus inquietudes pero sobre todo, darles afecto. Cualquier ser humano que se sienta reconocido por otro como tal, tendrá una actitud diferente ante el trabajo, ante el estudio, ante la vida. Los resultados de una propuesta como ésta, serían muy distintos de no haber contemplado este factor y de no haber tendido primero, un vínculo de confianza profesor-alumno. Por otro lado, pero en el mismo orden de ideas, otro aspecto importante que de manera general, puede concluirse de este trabajo es que hay que ser flexibles para implementar estrategias no tradicionales, es decir, darse la oportunidad de analizar lo que estamos haciendo, de detenerse a reflexionar y sobre todo, de tomar decisiones para cambiar si nos damos cuenta de que algo no está funcionando.

Finalmente, podemos concluir que la introducción de nuevas maneras de enseñar en el aula es un proceso complejo y que lleva mucho tiempo: tiempo para diseñar las actividades y sobre todo para aplicarlas y evaluarlas. Seguramente el tiempo destinado para la aplicación de una metodología como ésta rebasa los límites de tiempo que ahora imperan en los programas de estudio de cualquier asignatura (de Química III es seguro) sin embargo, habría que preguntarse si no vale la pena invertir este tiempo si los resultados son tan esperanzadores: si los estudiantes aprenden de mejor manera, si se vuelven más inquisitivos, si aprenden a mirar la ciencia –la química- como algo más propio, más cotidiano y menos ajeno, si aprenden a dar argumentos o al menos a encontrar evidencias y justificaciones que sustenten su pensar y su decir. Yo creo, dados los resultados mostrados aquí, que vale la pena; que vale la pena, al menos, intentarlo.

7. REFERENCIAS

ALLEN, J. (2005) The two faces of adolescence's success with peers. Adolescent popularity, social adaptation, and deviant behavior, *Child Development*, Vol. 76, No. 3.

ARAUJO, U. y SASTRE, G. (cords.) (2008) *El Aprendizaje Basado en Problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*, Gedisa S.A., España.

AREA, M. (2008) Innovación pedagógica con TIC y el desarrollo de las competencias informacionales y digitales. *Investigación en la escuela*, No. 64, p. 5-18.

ARREDONDO-URIBE-WEST. (1979) Notas para un modelo de Docencia. *Perfiles Educativos*, No. 3 enero-marzo, UNAM, México.

BELENGUER, E. y GONZÁLEZ, M. L. (1988) Dios, método y orden: Comenio o la fundamentación de la enseñanza tradicional, *Historia de la Educación*, Vol. 7 Ediciones Universidad de Salamanca.

BONNEWITZ, P. (2003) *Primeras lecciones sobre la sociología de Pierre Bordieu*. Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, Argentina.

BROWN, T., LEMAY, E., BURSTEN, B (2004) *Química. La Ciencia Central*, Pearson Educación de México.

CASTILLO, J. A. (2008) El desarrollo de la expresión oral a través del taller como estrategia didáctica globalizadora, *Sapiens, Revista Universitaria de Investigación*, Año 9, No. 1, junio, 179-203.

CHAMIZO, J.A. (2010) Una tipología de los modelos para la enseñanza de la ciencias en *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 7[1], pp. 26-41.

CHAMIZO, J. A. (2009) *Diagramas Heurísticos* en: http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/Diagramasheurísticos_8950.pdf

CHAMIZO, J. A. (2008) *Ciencias 3. Química. Evaluación de los aprendizajes en ciencias*, Esfinge, México.

CHAMIZO, J.A. (2007) Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las ciencias*, 25, 133-146.

CHAMIZO J.A. e IZQUIERDO M. (2007) Evaluación de las competencias de pensamiento científico, *Alambique*, 51, 9-19.

CHAMIZO J.A. e IZQUIERDO M. (2005a) Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía, *Alambique*, 46, 9-17.

CHAMIZO J.A. e IZQUIERDO M. (2005b) Toulmin's concepts and problema characterization in chemistry and chemistry teaching, artículo presentado en la 8th *History and Philosophy Science Teaching Group International Conference*, Leeds

CHAMIZO, J.A y HERNÁNDEZ, G. (2000) Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado, *Educación Química*, México, p. 182-187

CHAMIZO, J. A. (1996) Registros de aprendizaje, asociación de palabras y portafolios, *Educación Química*, 7, 86-89.

CHAMIZO J.A y GARRITZ A. (1991) *Química Terrestre*. Fondo de Cultura Económica, Colección "La ciencia desde México" Número 97, México.

CHANG, R. (2002) *Química*, McGraw-Hill Interamericana Editores S.A., México.

COLOM, A. J. (2005). Continuidad y Complementariedad entre la Educación Formal y No formal, *Revista de Educación*, No. 338, p. 9-22.

CÓRDOVA, J. L. (2005) El arte de resolver problemas, *Educación Química* 16[2], México, p. 260-278.

CÓRDOVA, J. L. (1998) Enseñar a pensar (parte II). De monstruos y demostraciones, *Educación Química* 9[3], México, p. 170-172.

COUSO, D., IZQUIERDO, M. y RUBILAR, C. (2008) Capítulo 3. La resolución de problemas en Rubilar, Cristian *et al*, (coord.) *Área y estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección Formación en Investigación para profesores, Vol. 1, UAB, España, p. 59-81.

CRAIG, *et al*. (2007) *Recursos de la Tierra: Origen, uso e impacto ambiental*, 3^a edición, Pearsons-Prentice Hall.

DE LA CHAUSSEÉ, M. E. (2009) Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química, *Educación Química*, 20[2], p. 143-155.

DELORS, J. (1996) La educación o la utopía necesaria en *La educación encierra un tesoro*. Informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación en el siglo XXI. Ediciones de la UNESCO, México.

DÍAZ-BARRIGA, F. (2006) *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*, McGraw-Hill Interamericana, México.

DÍAZ-BARRIGA, F. y Hernández Rojas, G. (2002) *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. 2ª ed. McGraw-Hill, México.

DÍAZ, M. A.; FLORES, A. y MARTÍNEZ, F. (2007) *PISA 2006 en México*, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, México.

DONCEL, M. G. (1983) De la evolución de las especies a la evolución de las ciencias, Enseñanza de las Ciencias. En: www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/50618/92623 [Consultado: 27 de julio de 2010].

EDUTEKA, (2003) *Visitas Escolares a Museos*; EDUTEKA, Abril, Edición 17, En: <http://www.eduteka.org/CiberespacioEscritura.php> [Consulta: 4 de febrero de 2010].

EGIDO, I., et al. (2006) Aprendizaje basado en problemas (ABP). Estrategia metodológica y organizativa del currículum para la calidad de la enseñanza en los estudios de Magisterio. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20[3], p. 137-149

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J., (2004) TAPing into argumentation: Developments in the use of Toulmin's Argument Pattern in studying science discourse, *Science Education*, Vol. 6[88], p. 915-933

GARCÍA, F. J. y DOMÉNECH, F. (1997) Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar, *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, Vol. 1, No. 0. En: <http://reme.uji.es/articulos/pa0001/texto.html> [Consulta: 24 de junio de 2010].

GARCÍA, J. J. (2000), La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química, *Enseñanza de las ciencias*, 18 [1], p. 113-129.

GARCÍA, L. y VALEIRAS, N. (2010) Lectura y escritura en el aula de ciencias: una propuesta para reflexionar sobre la argumentación, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. No. 63, p. 57-64.

GARRITZ, A. (2009) Argumentación en una nueva asignatura: Ciencia y sociedad, *Educación Química*, 20 [2], p. 98-101.

GARRITZ, A. (2005) Resolución de problemas, *Educación Química*, 16[2], p. 218-220.

GILBERT J., BOULTER C. and ELMER R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology education in Gilbert J. K and Boulter C.J. (eds.) *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.

GRIMES, W. (2009) Stephen Toulmin, a Philosopher and Educator, Dies at 87, *The New York Times*, (11, december, 2009). Artículo en línea: <http://www.nytimes.com/2009/12/11/education/11toulmin.html> [Consulta: 27 de julio de 2010].

GUISASOLA, J. *et al.* (2005) Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2[1], pp. 19-32.

GUISASOLA, J. y MORENTIN, M. (2007a) ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 25[3], pp. 401-414.

GUISASOLA, J. *et al.* (2007b) Comprensión de los estudiantes de la teoría especial de la relatividad y diseño de una visita guiada a un museo de la ciencia, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4[1], pp. 2-20.

HENAO, B. y STIPCICH, M. (2008) Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la Enseñanza de las Ciencias Experimentales, *Revista Electrónica de la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, No. 1

HARADA O., EDUARDO (2009) Algunas aclaraciones sobre el 'modelo' argumentativo de Toulmin, *Contactos* 73, p. 45-56.

HURLBUT C. (1981) *Manual de Mineralogía de Dana*. Reverté, S. A., España.

IRAZOQUE, G. (2005) Más problemas, ¿para qué?, *Educación Química* 16 [2], México, p. 279-283.

IZQUIERDO, M. (2000) Aspectos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia, Perales F.J. y Cañal P (eds.) *Didáctica de las ciencias experimentales*, Editorial Marfil, Alcoy. En línea en: Chamizo, J.A. "La esencia de la Química" <http://depa.unam.mx/SHFQ>

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. y PUIG, B. (2010) Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencia: el caso de la inteligencia, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. No. 63, p. 11-18.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P., *et al.* (2009) *Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms*. Project Mind the gap, funded by The European Union, 7th Framework program (FP7). Universidad de Santiago de Compostela. Danú, España.

JIMÉNEZ-ALEXAINDRE, M. P. y SANMARTÍ, N. (1997) ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria en Del Carmen, Luis (coord.) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*, I.C.E Univesitat Barcelona, España.

JIMÉNEZ, M. R., et al. (2002) Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad o utopía?, *Educación Química* 13[4], México, p. 259-266.

KLEIN, C. y DUTROW, B. (2008) *Mineral Science*. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.

LATORRE, A. (2003) *La investigación acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*, Ed. Graó, España.

LEE, K. W. (1993) Assessing students' linkage ability. *Teaching and Learning*, 13[2], Institute of Education (Singapore), p. 57-66.

MARTÍNEZ, S. (2001) El impacto de la informática en la educación, Universidad Virtual, ITESM (Campus Estado de México) en: <http://ciberhabitat.gob.mx/universidad/ui/eadei/eadeiv.htm>.

MARQUÉS, P. (2000) *Funciones y limitaciones de las TIC en Educación*, Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB. En: <http://dewey.uab.es/pmarques/siyedu.htm> [Consultada: 24 de junio de 2010]

MAZÓN, J. J. y GATICA, F. (2007) Relación de las teorías y estrategias de aprendizaje con el Aprendizaje Basado en Martínez González, Adrián et al. *Problemas en Aprendizaje Basado en Problemas en la enseñanza de la medicina y las ciencias de la salud*, ETMSA, México, p. 1-13.

MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993), Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias, *Enseñanza de las ciencias*, 11 [3], p. 331-339.

MONEREO, C. (2001) La enseñanza estratégica. Enseñar para la autonomía. *Revista Aula de Innovación*, No. 100, España.

MORÁN, P. (comp.) (2003). Docencia e investigación en el aula. Una relación imprescindible, *Pensamiento Universitario* No. 92, CESU-UNAM, México.

MORIN, E. (1999) *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Dower arrendamiento S.A. de C.V para la edición mexicana.

NAKIBOGLU, C. (2008) Using word associations for assessing non major science student's knowledge structure before and after general chemistry instruction: the case of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, No. 9, Journal of The Royal Society of Chemistry, p. 309-322.

NEIMAN, G. y QUARANTA, G. (2006) Los estudios de caso en la investigación sociológica en Vasilachis de Gialdino, Irene (coord.) *Estrategias de investigación cualitativa*, Gedisa, Barcelona, España.

OSBORNE, J. (2009) Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación en *Educación Química*, 20[2], p. 156-165.

PÉREZ, G. (2008) *Las implicaciones del postulado que propone la UNESCO: "Aprender a aprender" como uno de los pilares de la educación y su relación con el desarrollo del pensamiento crítico*, CESU-UNAM, México.

Plan de Estudios 2006. Educación Básica Secundaria. Secretaría de Educación Pública. En:

<http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/doc/programas/2006/planestudios2006.pdf>

[Consulta: 29 de julio de 2010].

PLANTIN, C. (2009) *La argumentación*, Editorial Ariel, Barcelona, España.

POZO, J. I. (1999), Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional, *Enseñanza de las ciencias*, 17 [3], p. 513-520.

PRELLEZO, J. M. y GARCÍA, J. M. (2003) *Investigar. Metodología y técnicas del trabajo científico*, Editorial CCS, Madrid, España.

Programa de Estudios de la Asignatura de Química III (1999) Escuela Nacional Preparatoria, UNAM.

QUESADA, M. del R. (2008) *Cómo planear la enseñanza estratégica*, Limusa, México.

Reforma de la Educación Secundaria. Fundamentación Curricular. Ciencias (2006) Secretaría de Educación Pública. En:

<http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/doc/FUNDAMENTACIONES/ciencias.pdf> [Consulta:

29 de Julio de 2010].

RESTREPO, B. (2005) Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria, *Educación y Educadores*, Vol. 8, Universidad de La Sabana, Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://personaybioetica.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/562/654> [Consultado: 7 de julio de 2010]

REVEL C. *et al.* (2005) Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar, *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, VII Congreso.

REYGADAS, L. (2004) Las redes de la desigualdad: un enfoque multidimensional, *Política y Cultura*, No. 22.

ROBLES, C (2008) *Aprendizaje basado en la solución de problemas: una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin en la segunda unidad del curso de Química II del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM*. (Tesis de Maestría) MADEMS, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

RODRÍGUEZ, L. I. (2004) El Modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa [en línea]. *Revista Digital Universitaria*. En: <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art2/art2.htm> [Consulta: 20 de julio de 2010].

SAMFORD, (2008) *Traditional versus PBL Classroom*. Samford University. En: http://scifiles.larc.nasa.gov/text/educators/start/pbl/traditional_vs_pbl.html [Consulta: 17-julio-2010]:

SÁNCHEZ, M. del C. (2006) La exposición museográfica como apoyo a la enseñanza de la mecánica cuántica, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, Vol. 11, No. 30, 913-942.

SÁNCHEZ, M. del C. (2002) El Museo de las Ciencias como foro educativo, *Perspectivas docentes*, Segunda época, No. 27, Universidad Autónoma de Tabasco, p. 50-62

SANMARTÍ, N. (2002) *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis, Madrid, España.

SANTOYO, R. (1995) *Apuntes para una didáctica grupal*. Ediciones El Caballito-SEP-Cultura, México.

SARDÀ, A. y SANMARTÍ, N. (2000) Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias, *Enseñanza de las ciencias*, 18 [3], 405-422.

SOLBES, J., RUIZ, J. y FURIÓ, C. (2010) Debates y argumentación en las clases de física y química, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. No. 63, p. 65-75.

STAKE, R. E. (2007) *Investigación con estudio de casos*, 4ª ed., Morata, S. L., Madrid, España.

SUÁREZ, M. (2002) Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, No. 1, p. 40-56

TARBUCK, E. J. (2005), *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*, 8ª edición, Pearson Educación de México.

TEN, A. (2001) Els museus d'avui dia. El Museu de la Ciència de València *L'Espill*, 2ª época, nº 7, 157-164. Consultado en su primera versión en español, descargada de: <http://www.uv.es/ten/cac.html> [Consultada: 2 de febrero de 2010].

TOULMIN, S. (1977): *La comprensión humana I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, edición en castellano, Alianza Editorial, Madrid, España.

VALERO, M. (2007) Las dificultades que tienes cuando haces BPL. Capítulo 8 del libro: *La educación superior hacia la convergencia europea: Modelos basados en el aprendizaje*, Universidad de Mondragón, España. Disponible en: http://epsc.upc.edu/projectes/usuarios/miguel.valero/materiales/docencia/articulos/dificultades_PBL.pdf [Consultado: 7 de julio de 2010]

WENGER, E. (2001) *Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad*. Paidós. Barcelona, España.

WHITE, R. y GUNSTONE, R. (1992) *Probing understanding*, Burgess Since Press, Basingstoke. Gran Bretaña.

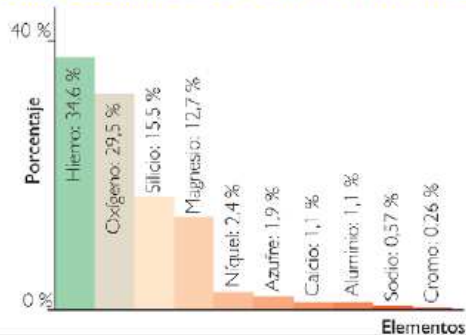
ANEXOS

ANEXO 1

Material para la clase introductoria de "minerales"

LA CORTEZA TERRESTRE: LA PIEL DE LA TIERRA

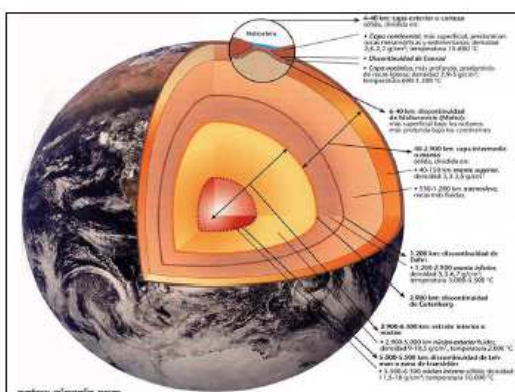
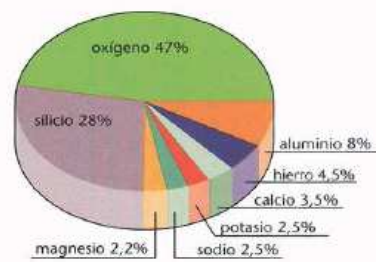
COMPOSICIÓN DE LA TIERRA (% EN MASA)



Composición química y mineralógica de la Corteza Terrestre

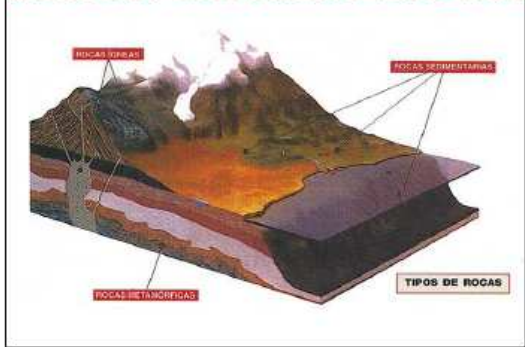
LOS MINERALES, SUS FORMAS Y
MECANISMOS DE FORMACIÓN

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CORTEZA TERRESTRE

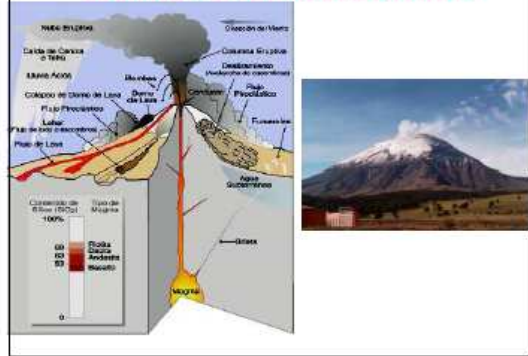


LAS ROCAS DE LA CORTEZA TERRESTRE

LAS ROCAS POR SU ORIGEN SE DIVIDEN EN:



LAS ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS



EL CICLO DE LAS ROCAS



TIPOS DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS



FORMACIÓN: ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS



ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS





GRUPO O CLASE QUÍMICA	MINERAL REPRESENTATIVO	FÓRMULA
Metales	Cobre nativo Oro	Cu Au
Elementos nativos	Asche nativo Diamante	S C
Óxidos	Quartz Hematita Óxido de hierro	SiO ₂ Fe ₂ O ₃
Sulfuros	Galena Sulfuro de plomo Sulfuro de zinc Sulfuro de mercurio Cinabrio	PbS ZnS HgS
Carbonatos	Calcita Dolomita Carbonato de calcio Carbonato de calcio y magnesio	CaCO ₃ CaMg(CO ₃) ₂
Haluros	Halita Fluorita Cloruro de sodio Fluoruro de calcio	NaCl CaF ₂
Sulfatos	Arshidita Yeso Sulfato de calcio Sulfato de calcio hidratado	CaSO ₄ CaSO ₄ ·2H ₂ O
Silicatos	Ortoclasa Aluminosilicato de potasio y ácido Silicato de magnesio y hierro	(K,Na)AlSi ₃ O ₈ (Mg,Fe) ₂ SiO ₄



ANEXO 2

Guía de actividades: Visita al Museo de Geología

ACTIVIDADES EN EL MUSEO DE GEOLOGÍA

ACTIVIDAD 1.

A continuación les presentamos un esquema muy general del Museo de Geología. Identifiquen las salas. Anoten en cada cuadro un pequeño resumen (de máximo 5 líneas) de lo que se exhibe en cada una. Tomen una foto representativa de cada sala y péguenla sobre el cuadro de la explicación (a manera de pestaña).

SALA DE MINERALES

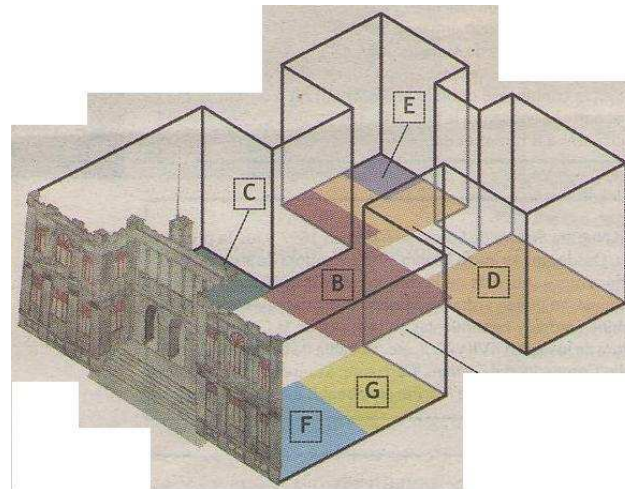
B

SALA DE METEORITAS

E

SALA DE ROCAS

D



SALA DE PALEONTOLOGÍA

C

**SALA SISTEMA TIERRA
(SÓTANO)**

SALA DE TEMPORALES

G

SALA DE CONFERENCIAS

F

ACTIVIDAD 2.

Ya que conocieron de manera general el museo, vamos a trabajar únicamente en las salas donde hay minerales. Realicen lo siguiente:

1. Ubíquense primero en la sala de minerales (área central), ahora busquen el mineral **ALOCROMÁTICO** que se encuentra al fondo de la sala. Contesten lo siguiente:

a) ¿Cuál es su nombre y su fórmula química?

- b) Si observan bien, dependiendo del color se le da diferentes nombres, completa la siguiente tabla y vayan tomando una foto representativa de cada uno (usa las hojas que sean necesarias):

NOMBRE COMPLETO DEL MINERAL ALOCROMÁTICO	ASPECTO FÍSICO (COLOR)	FOTOGRAFÍA

2. Identifiquen la vitrina de los minerales fluorescentes.

a) ¿En qué consiste el fenómeno de fluorescencia?

b) Menciona los nombres de algunos de los minerales que tienen esta propiedad:

ACTIVIDAD 2.1

Diríjase a la Sala de Minerales en donde se encuentran los *elementos nativos*. Contesten:

1. ¿Qué **elementos nativos** son los que aparecen ahí?

Nombre y símbolo del elemento	Características particulares

2. Busquen entre las muestras 3 **minerales preciosos** (los que se utilizan en joyería). Completa:

Nombre	Fórmula química	Características particulares

Fotografías:

3. Busquen entre las muestras 3 **minerales de uso común o industrial**. Completen:

Nombre	Fórmula química	Características particulares	¿Para qué se usa?

Fotografía:

ACTIVIDAD 3.

Por último, cada miembro del equipo deberá escoger el mineral que más le haya llamado la atención durante su recorrido (ya sea por su aspecto, sus propiedades, su origen, etc.). Una vez escogido, realicen lo siguiente:

Mi mineral.

Antes que se inventara la fotografía, los geólogos usaban palabras y dibujos para comunicar sus descubrimientos. Imagina que son unos geólogos y dibujen su espécimen cuidadosamente, incluyendo todos los pequeños detalles. Completen los datos de identificación y después tómense una foto. (Cada integrante deberá llenar esta hoja de manera individual)

NOMBRE DEL ALUMNO:		
NOMBRE DEL MINERAL:	DIBUJO A DETALLE	FOTOGRAFÍA
FÓRMULA QUÍMICA:		
DESCRIPCIÓN FÍSICA: (tipo de hábito, color, alguna característica particular)		
¿Por qué lo escogiste?		

ANEXO 3

Formato para la actividad experimental:
"Propiedades de los minerales"

NOMBRE DEL EQUIPO: _____ FECHA: _____ GPO: 519

OBJETIVO

Que las y los alumnos identifiquen, de manera general, las propiedades de algunos minerales.

MATERIALES

Muestras minerales:

- Turquesa
- Cianita
- Calcita
- Fluorita
- Talco
- Yeso
- Ojo de tigre
- Pirolusita
- Lepidolita
- Corindón
- Goethita
- Sodalita
- Amazonita
- Pirita
- Calcita óptica
- Malaquita
- Magnetita
- Ácido clorhídrico 1M
- Agua destilada
- 1 lupa
- 2 morteros c/pistilo
- 1 moneda de cobre
- Lámpara de alcohol
- 2 cápsulas de porcelana
- Imán
- Navaja de acero pequeña
- Cotonetes
- Cerillos o encendedor
- Lápices de colores

PROCEDIMIENTO

A) PROPIEDADES FÍSICAS

1. HÁBITO, COLOR, BRILLO.

Observen los minerales que se les indique y de acuerdo a los dibujos del Anexo 1, completen la tabla:

MINERAL	HÁBITO	COLOR	BRILLO
Pirolusita		○	
Malaquita		○	
Cianita		○	
Lepidolita		○	
Goethita		○	

a) De los materiales que tienen en su caja, cuáles corresponden a minerales Idiocromáticos?

b) Observen con la lupa la Amazonita, describan lo que observen en su superficie:

2. RAYA Y DUREZA.

Para identificar la *raya*, utilicen una base de porcelana y literalmente hagan una raya con el mineral, cada uno de ellos “pintará” de un color característico.

Para medir la *dureza* aproximada de los minerales, tomaremos como referencia dos puntos: la dureza de la uña que es de 2.5 y la dureza del acero que es de 7. Primero con tu uña, después con la moneda de cobre (si la tienen) y después con la navaja deben intentar rayar la superficie de cada uno de los minerales.

MINERAL	RAYA	DUREZA
Talco		
Pirita		
Malaquita		
Hematita (acerina)		
Yeso		
Sodalita		
Corindón		

3. OTRAS PROPIEDADES.

Coloquen la pieza de calcita óptica sobre algún escrito. ¿Qué observan?

De todos los minerales que te muestra la profesora, ¿cuál de ellos presenta propiedades magnéticas?

B) PROPIEDADES QUÍMICAS

Para las pruebas químicas, deberán tomar una pequeña cantidad del mineral pulverizado.

1. IDENTIFICACIÓN DE MINERALES CARBONATADOS.

Coloquen en cada mortero una pequeña cantidad de polvo de **Malaquita** y de polvo de **Calcita** respectivamente. Agreguen un par de gotas de Ácido clorhídrico en cada uno de los minerales. Describan lo que sucede:

¿A qué se debe este fenómeno?

Coloración a la flama

Repitan la operación anterior e inmediatamente después de agregar el ácido, tomen un cotonete y humidézcanlo –con cuidado– en la disolución que se formó con el polvo de Malaquita, llévenlo a la flama rápidamente. TENGAN CUIDADO DE NO QUEMARSE Y NO TOCAR EL LÍQUIDO

¿Qué observan?

De acuerdo a la siguiente tabla y con el experimento de Ácido clorhídrico:

Coloración de la flama	Elemento
Rojo púrpura	Sr
Rojo carmín	Li
Rojo ladrillo	Ca
Color yema de huevo	Na
Azul y verde	Cu
Violeta	K

¿Cuál sería el compuesto que constituye a la Malaquita? _____

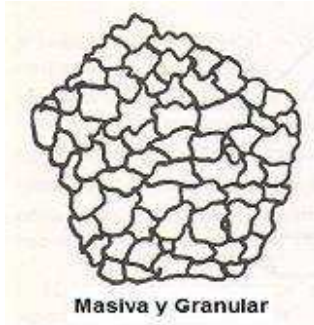
¿Cuál podría ser el compuesto que constituye a la Calcita? _____

Expliquen, ¿Cómo llegaron a saber que estos compuestos son los constituyentes de estos minerales?

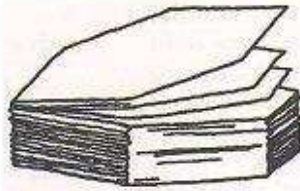
A continuación, realicen en equipo una conclusión sobre lo que hayan aprendido después de esta actividad:

Finalmente, escriban ¿qué les pareció la práctica? Si tienen alguna modificación propónganla:

ANEXO 1



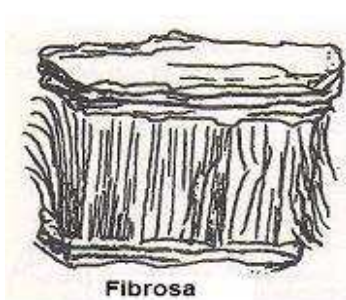
Masiva y Granular



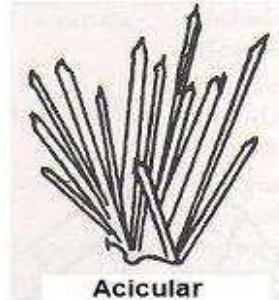
Laminar o foliada



Tabular



Fibrosa



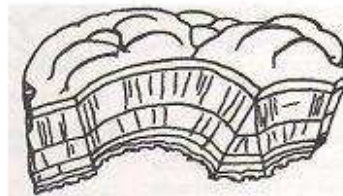
Acicular



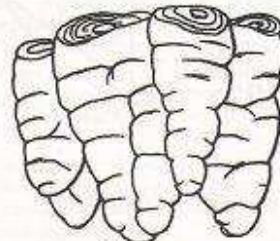
Radial, Globular



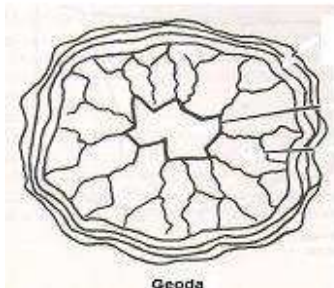
Dendrítico



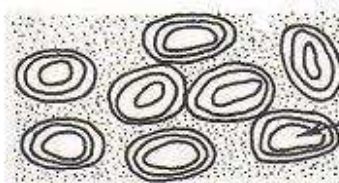
Botroidal



Coloforme



Geoda



Oolítico

ANEXO 4

Lectura de introducción al tema de "metales":
"La litósfera. Metales y metalurgia"

III. LA LITOSFERA. METALES Y METALURGIA²³

INTRODUCCIÓN

LA **HISTORIA** de los metales y su conocimiento por el hombre es la historia misma del desarrollo de la humanidad. En el primer capítulo hemos visto que el elemento más abundante en la Tierra es el hierro, un metal. Desgraciadamente, en la corteza terrestre la abundancia de hierro no es tan grande, aunque sí considerable: asciende a un 4.7%. Sin embargo, como la mayoría de los metales, el hierro no existe de forma nativa en la superficie de la Tierra (salvo como constituyente de meteoritos).

Para lograr obtenerlos en forma elemental, los compuestos que constituyen los metales requieren ser tratados químicamente. El procesamiento a gran escala de los minerales metálicos para obtener los metales libres recibe el nombre de *metalurgia*. Amable lector, mire a su alrededor y seguramente encontrará metales. Tal vez en su pluma o lápiz, en la mesa o silla en que trabaja, en las ventanas, en un automóvil, en un poste, en las varillas del edificio que habita, en su reloj, sus pantalones o sus bolsillos. Todos ellos han sido elaborados por el hombre gracias a la química metalúrgica.

LA LITOSFERA

La litosfera conforma la parte sólida de la corteza terrestre. Como hemos visto, los elementos que en ella predominan son oxígeno (O), azufre (S), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K) y magnesio (Mg), de ahí que los compuestos más comunes están formados en primer lugar por oxígeno, como los óxidos. Además de este elemento, otros contienen silicio, formando silicatos, y otros más incorporan también aluminio en los aluminosilicatos.

Una de las clasificaciones más útiles de los elementos los agrupa en tres grandes sistemas.

1. Elementos siderófilos. Se encuentran en forma metálica como el oro (Au), el platino (Pt) y la plata (Ag).
2. Elementos calcófilos. Se encuentran en forma de sulfuros, como el hierro (Fe), el cobre (Cu), el plomo (Pb) y el mercurio (Hg).
3. Elementos litófilos. Se encuentran formando silicatos, como el aluminio (Al), el calcio (Ca) y el magnesio (Mg).

Esta clasificación indica la forma más común en la que se encuentran los elementos en la Tierra

El estudio de los compuestos químicos en la litosfera correspondería principalmente al área de los silicatos, ya que ellos representan 95% de todos los minerales en esta capa (rocas, arenas, arcillas, etc.). Sin embargo, preferimos abordar el estudio de los metales, porque han sido más importantes para el desarrollo de la humanidad.

UN POCO DE HISTORIA

Son pocos los metales que no forman parte de un compuesto y existen en forma de "pepitas", como el oro y la plata, metales nativos, siderófilos.

²³ Fragmento del libro: Chamizo, José Antonio y Garriz, Andoni (1991) *Química Terrestre* FCE, México, que puede ser consultado vía electrónica en:

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/097/htm/quimicat.htm>

Aun así, estos metales libres son muy raros; baste decir que la propia palabra "metal" se deriva de un vocablo griego que significa "buscar, procurar".

Desde luego, los metales nativos fueron los primeros que el hombre encontró.

Se cree que el oro empezó a trabajarse hacia el año 4500 a. C. Fue y es altamente estimado a causa de su belleza y rareza. Constituye la recompensa universal en todos los países, las culturas y las épocas. Amarillo, brillante, maleable, inalterable, ha sido para muchos el símbolo de la perfección. Los egipcios decían que "el oro poseía los extremos poderes del Sol encerrados en su cuerpo".

Paradójicamente, si algún alquimista hubiera encontrado la "piedra filosofal",⁵ que pudiera convertir otros metales en oro, éste hubiera perdido todo su valor, sería como chatarra.

Para que los metales se popularizaran fue necesario idear un método para obtenerlos a partir de los minerales que los contienen, y no depender del hallazgo de pepitas aquí y allá. Este paso en la metalurgia debió ocurrir alrededor del año 4000 a. C., en el Medio Oriente. Entonces pudo obtenerse el cobre a partir de su mena.

Mena= mineral metálico

Hacia 3000 a. C., se descubrieron algunos minerales con cobre y arsénico (As), que al transformarse en metales generaban una aleación más dura y resistente que el cobre solo. Este fue el primer metal que se utilizó para algo más que adorno, con él se fabricaron herramientas que suplieron a las de piedra.

Aleación= disolución de dos metales

El trabajo con arsénico es sumamente peligroso, de manera que resultó muy afortunado descubrir que mezclando minerales de cobre y estaño (Sn) podía obtenerse otra aleación (el bronce) tan eficaz como el Cu-As, pero más segura.

Bronce= Cu-Sn

Alrededor de 200 a. C., el bronce se empleó sobre todo para la fabricación de herramientas, armas y armaduras. Un ejército sin armas de este metal se encontraba indefenso ante sus posibles atacantes, de ahí que los forjadores de aquella época gozaran de un enorme prestigio.

Sin embargo, los minerales de estaño son menos abundantes que los de cobre, y las minas conocidas pronto quedaron exhaustas: la humanidad se enfrentó por primera vez al agotamiento de un recurso natural.

Mientras tanto, para 1300 a. C., en Asia Menor se había desarrollado un procedimiento para extraer hierro de sus minerales. Para llevarlo a cabo se requería una alta temperatura, así que no todas las culturas disfrutaron de este avance por carecer de la técnica necesaria. Sin embargo, el hierro que se obtenía era muy quebradizo y no fue sino hasta 900 a. C., cuando, al mezclar carbón de leña con el mineral, se obtuvo el hierro endurecido, o acero.

Durante el siglo pasado se descubrieron nuevos procedimientos para la fabricación de acero. Se emplearon algunos metales desconocidos para los antiguos, como cobalto (Co), níquel (Ni), vanadio (V), niobio (Nb), wolframio (W), los cuales proporcionan al acero más resistencia y otras propiedades sorprendentes. Asimismo, se desarrollaron procedimientos para obtener aluminio, magnesio, titanio (Ti) y muchos otros metales, como los de las tierras raras. (véase el Cuadro III.3)

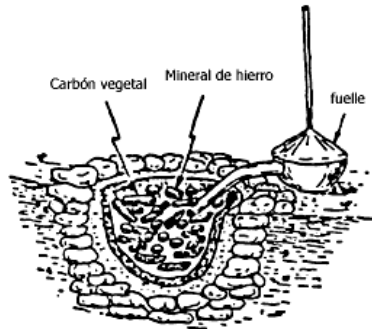


Figura III.1. Crisol primitivo para la reducción del mineral de hierro

En México, las culturas prehispánicas emplearon el oro, la plata y el cobre nativos, e inclusive conocieron el mercurio, el estaño y el plomo.

El oro fue trabajado principalmente por los toltecas, mixtecos, zapotecas y mexicas. También se han descubierto piezas de oro en el centro ceremonial de Chichén Itzá, así como en las tumbas tarascas de Tzintzuntán.

El hierro que los aztecas, mayas e incas del Perú utilizaban para sus cuchillos, se obtenía de meteoritos que caían del cielo, de ahí que le asignaran un valor superior al oro.

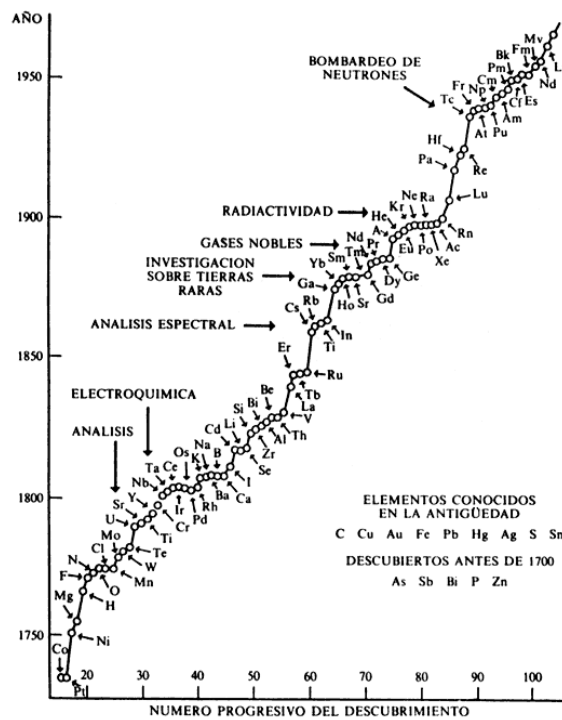


Figura III.2. Diagrama cronológico del descubrimiento de los elementos (Tomado de Cruz, Chamizo y Garritz, *Estructura atómica*, Addison Wesley, Wilmington, 1986).

LOS RECURSOS NATURALES SE AGOTAN

Nuestro mundo es hoy inconcebible sin metales. No obstante, muchos de ellos tienden a agotarse (Cuadro III.1). Peligran el platino, la plata, el oro, el estaño, el mercurio, el zinc (Zn), el plomo, el cobre y el wolframio. Y no es que estos átomos metálicos estén "esfumándose". Simplemente, al haber sido extraídos de las minas donde existían en altas concentraciones, se han desparramado por toda la Tierra o se encuentran en lugares donde su extracción no es rentable, al menos por el momento. Es decir, los átomos metálicos continúan presentes, pero esparcidos y combinados con otros materiales en las enormes pilas de desechos de la humanidad, de donde no son fácilmente recuperables.

CUADRO III.1 Años en los que se agotarán las reservas conocidas de metales si se continúan explotando al mismo ritmo que ahora.

<i>Símbolo</i>	<i>Año</i>
Ag	1990
Al	2145
Au	2550
Cr	2125
Co	2010
Cu	1990
Fe	2400
Hg	1985
Mn	2150
Mo	2070
Ni	2110
Pb	1990
Pt	1995
Sn	1995
W	2015
Zn	1990

El hombre debe estar atento a todas estas llamadas de atención de la naturaleza respecto al agotamiento de los recursos terrestres. Es necesario refinar los metales inservibles para que vuelvan a ser utilizables.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS METALES

CUADRO III.2 Generalidades sobre los metales

<i>Propiedad</i>	<i>Significado común</i>
Alta conductividad eléctrica	Buenos conductores de la electricidad
Alta conductividad térmica	Buenos conductores del calor
Brillo metálico	Apariencia "plateada" o "dorada"
Maleabilidad	Capacidad para deformarse (bajo presión), sin romperse
Ductilidad	Factibilidad de ser formados en hilos delgados
Tendencia a formar cationes	Facilidad de que sus átomos pierdan uno o más electrones al enlazarse químicamente o encontrarse en solución

Aunque cada metal tiene características propias, hay un conjunto de propiedades que los definen, como se muestra en el cuadro III.2.

La mayoría de los metales son sólidos, con relativamente alta densidad y altas temperaturas de fusión y ebullición. Sin embargo, la variedad de estas propiedades es enorme. Sabemos, por ejemplo, que el mercurio y el galio son líquidos (en condiciones ambientales).

De los sólidos, dos metales tienen la menor y mayor densidad: el litio y el osmio, respectivamente.

Los mejores metales conductores de electricidad son los de la familia 11: plata, cobre y oro, en ese orden, seguidos por el aluminio y el magnesio. En general, la conducción del calor es mayor en los metales que conducen mejor la corriente eléctrica.

En las figuras III.3 y III.4 se grafican la densidad y los puntos de fusión de algunos metales; en estas propiedades se observa un comportamiento periódico. Los metales menos densos resultan también, en general, los que se funden a menor temperatura.

$$\text{densidad} = \text{masa} / \text{volumen}$$

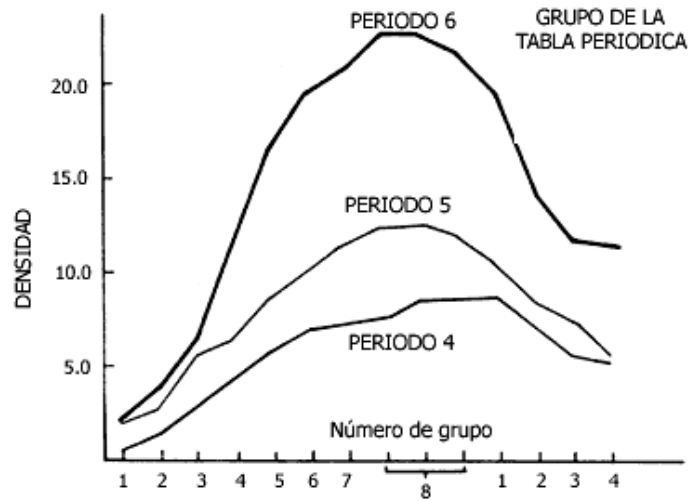


Figura III.3. Densidades de los metales de los periodos cuarto, quinto y sexto.

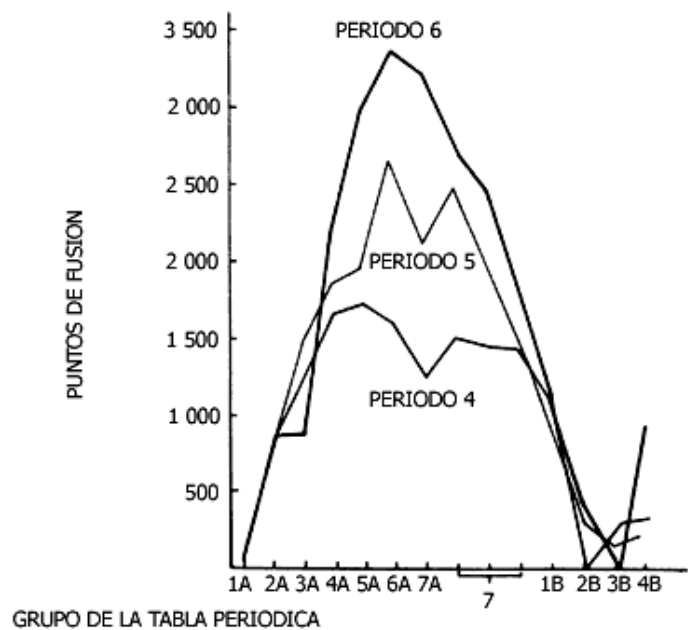


Figura III.4. Puntos de fusión de los metales de los periodos cuarto, quinto y sexto.

Como hemos visto, es raro encontrar metales libres en la corteza terrestre. Más bien se encuentran en forma de óxidos, sulfuros, cloruros, fosfatos, carbonatos, etcétera.

Es tarea de la química obtener los metales a partir de los minerales en los que se encuentran; esta labor, así como la de preparar los metales para su uso, se conoce como metalurgia.

METALURGIA

Durante la Colonia, la metalurgia en la Nueva España fue importante. Bartolomé de Medina desarrolló en 1555, en Padierna, el proceso de recuperación de la plata por amalgamación con mercurio, lo que ha sido

llamado por Bargalló como "el mejor legado de Hispanoamérica a la metalurgia universal". En México, y también en esta disciplina, Manuel Andrés del Río descubre en 1801 el eritronio, un nuevo elemento metálico, que fue redescubierto en 1830 por Stefnson y bautizado como vanadio.

CUADRO III.3. Ubicación de los metales en la tabla periódica, incluyendo las tierras raras (de lantano, La, a yterbio, Yb) y los actínidos naturales (de actinio, Ac, a uranio, U)

Periodo	1	2																	
2	Li	Be																	
3	Na	Mg																13	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga					14	15
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb				
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi				

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Ph	Pa	U										

El número superior indica la familia a la que pertenecen.

En sus minerales, los metales se encuentran oxidados. Este término no se refiere exclusivamente a la presencia de oxígeno en las menas, aquí se emplea en su acepción más general. Nos referimos a que los átomos metálicos han perdido electrones al combinarse con otros átomos. Así, por ejemplo, en el óxido de hierro, FeO, el hierro existe como Fe²⁺, es decir, como un átomo de hierro que ha perdido dos electrones, como un catión (Cuadro III.4).

CUADRO III.4 Algunos tipos de mena

<i>Tipo de mena</i>	<i>Algunos ejemplos</i>
Nativos	Cu, Ag, Au, Pt
Óxidos	FeO, Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , SnO ₂ , ZnO
Carbonatos	MgCO ₃ , PbCO ₃ , ZnCO ₃
Sulfuros	Ag ₂ S, Cu ₂ S, HgS, NiS, ZnS
Halogenuros	NaCl, KCl, MgCl ₂
Sulfatos	CuSO ₄ , CaSO ₄ , PbSO ₄

Fosfatos

LaPO₄

Para extraer el hierro como metal es necesario reintegrarle los electrones que ha perdido al estar combinado con oxígeno, azufre u otro anión.

Este es el paso crucial de la metalurgia, llamado *reducción del metal*. La reducción es el proceso inverso a la oxidación. Al oxidarse, un metal pierde electrones, al reducirse, vuelve a ganarlos.

México es uno de los grandes productores de plata en el mundo

CUADRO III.5 Valor de la producción minero-metalúrgica de México (metálicos en 1980. SEPARFÍN)

<i>Producto</i>	<i>Millones de pesos</i>	<i>(%)</i>
Plata	22 498	48.18
Cobre	8 670	18.57
Zinc	4 242	9.09
Plomo	3 231	6.92
Hierro	3 159	6.77
Oro	2 826	6.05
Otros	2 063	4.42
Total	46 693	100.00

CUADRO III.6 Valor de la exportación minero-metalúrgica de México en 1980 (Instituto Mexicano de Comercio Exterior)

<i>Producto</i>	<i>Millones de pesos</i>	<i>(%)</i>
Plata	15 477	61.66
Cobre	4 844	19.30
Zinc	2 462	9.81
Plomo	1 475	5.88
Otros	841	3.35
Total	25 100	100.00

Municipios "superproductores": Guanajuato, Gto.; Cananea, Son.; Taxco, Gro.; Fresnillo, Gro.; Fresnillo, Zac.; Saucillo, Chih.; Pachica, Hgo.

Existen otros procesos metalúrgicos cuyo carácter no es químico sino más bien físico. Podríamos mencionar tres operaciones metalúrgicas bien definidas:

1. *Tratamiento preliminar*, donde se desea concentrar algún componente de la mena, se excluyen impurezas y se prepara el mineral para su tratamiento posterior.
2. *Reducción*, en el que el compuesto metálico se reduce para obtener el metal libre.
3. *Refinado*, donde el metal es purificado. En algunos casos, en esta fase se añaden ciertas sustancias para dar al metal propiedades específicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, G., *El hombre y los materiales*, colección "La Ciencia para todos", 69, FCE, México, 1988.
- "Alto horno o reducción directa", *Investigación científica y Tecnológica* 35 y 36, 28 (diciembre de 1980).
- Bargalló, M., *Tratado de química inorgánica*, Porrúa, México, 1962.
- Celada, J., "La fusión del hierro esponja", *Ciencia y Desarrollo* 27, 110 (julio-agosto de 1979).
- Consejo de Recursos Minerales, *Anuario estadístico de la minería mexicana*, 1980, México, 1981.
- Consejo de Recursos Naturales no Renovables, *Los recursos minerales de México*. vol. 1. *Metálicos*, México, 1969.
- Choppin, G. R., y B. Jaffé, *Química, ciencia de la materia, la energía y el cambio*, Publicaciones Culturales, México, 1967.
- "El aluminio reduce costos de fabricación en el sector eléctrico", *Investigación Científica y Tecnológica* 32, 18 (octubre de 1980).
- "Ferroaducto, otra posibilidad", *Investigación Científica y Tecnológica* 43,12 (abril de 1981).
- Galle, P., "La toxicidad del aluminio", *Mundo Científico* 6, 856 (1986).
- "Integración del sector siderúrgico paraestatal", *Investigación Científica y Tecnológica* 28,12 (agosto de 1980).
- "Investigación metalúrgica vinculada a necesidades industriales", *Investigación Científica y Tecnológica* 17, 15 (marzo de 1980).
- Lugo, J., *La superficie de la Tierra. Un vistazo a un mundo cambiante*, colección "La Ciencia para todos", 54, FCE, México, 1988.

ANEXO 5

Guía de actividades: Visita al Museo Franz Mayer

FORMATO DE ACTIVIDADES**ACTIVIDAD PREVIA A LA VISITA.**

Para poder realizar de manera adecuada las actividades que se piden dentro del museo Franz Mayer, es necesario que hagan una breve investigación sobre algunos procesos de manipulación de los metales. Por favor completen la siguiente tabla:

NOMBRE DEL PROCESO	BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
FORJA	
FUNDICIÓN	
REPUJADO	
ESGRAFIADO EN METALES	
TÉCNICA DE DORADO Y PLATEADO	
FILIGRANA	

ACTIVIDAD 1

Antes de iniciar su recorrido, lean una breve información sobre el museo:



Ubicado en una construcción del siglo XVIII, el museo alberga la colección reunida por el alemán nacionalizado mexicano Franz Mayer (1882-1975) a lo largo de su vida. El museo está principalmente dedicado a las artes decorativas (mobiliario, trabajos de talla en madera, objetos de plata, marfil, cerámica de Talavera poblana, textiles y trabajos de herrería) con objetos procedentes de Europa, Oriente y la Nueva España (México). Reúne asimismo en su pinacoteca 42 del casi centenar de pinturas europeas antiguas (siglos XIV a XIX) que el señor Mayer logró juntar. También cuenta con esculturas devocionales procedentes de Europa, Nueva España y Guatemala.

Ahora den una vuelta por las salas del museo.

Recuerden que en esta ocasión, nos abocaremos a los objetos metálicos, así que después de recorrer el museo, contesten lo se pide a continuación:

1. ¿Qué metales son los que aparecen con mayor frecuencia?

2. De manera general, ¿Cuáles son los principales usos que se daban a estos metales? (incluir nombres de los objetos)

3. En la actualidad, ¿se usan los mismos metales y para lo mismo que antes?, ¿por qué?

4. Escojan tres de los metales más usados y completen el siguiente cuadro:

Metal	PRINCIPALES USOS (¿Qué se fabrica con él?)	EJEMPLOS (Nombre de algunos objetos)	FOTOGRAFÍA (Imagen para ejemplificar)

ACTIVIDAD 2.

Recorran el museo y encuentren objetos que estén hechos mediante alguna de las siguientes técnicas, escojan alguno en el que se pueda apreciar la técnica empleada y hagan una ficha del objeto con los datos que se piden a continuación.

	FUNDICIÓN	FORJA	REPUJADO
NOMBRE DEL OBJETO:			
USO O FUNCIÓN:			
CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES			
FOTOGRAFÍA:			

	ESGRAFIADO	DORADO O PLATEADO	FILIGRANA
NOMBRE DEL OBJETO:			
USO O FUNCIÓN:			
CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES			
FOTOGRAFÍA:			

ACTIVIDAD 3.

Mi objeto metálico

Cada integrante del equipo deberá escoger, de entre todas las piezas del museo, alguna que le guste y completar la siguiente ficha:

Nombre de la pieza:		
Metal de elaboración:		FOTOGRAFÍA:
Técnica de manufactura:		
Año o siglo del que procede:		
País (si hay dato):		
¿Por qué la escogiste?		
Uso que se le daba (o da) a esta pieza:		

ANEXO 6

Cuestionario para el vídeo:
"Los metales: materiales para múltiples usos"

CUESTIONARIO

Vídeo: “Los metales: materiales para múltiples usos”,

Instrucciones

Después de ver el video y de tomar notas, contesten en equipo las siguientes preguntas (usa el reverso de esta hoja para contestar y anexa de tu cuaderno las que sean necesarias):

1. ¿Cuál era el objetivo del trabajo de los antiguos alquimistas?
2. ¿A qué se le conoce como la edad de los metales?
3. ¿Cuáles eran los metales conocidos en la antigüedad y cuáles sus principales usos?
4. ¿Qué caracterizaba a la metalurgia en la época precolombina?
5. ¿Cómo se puede definir a un metal?
6. ¿Qué es la metalurgia?
7. Completa la siguiente tabla:

	Mineral de donde se extrae	Principal proceso de extracción	Algunas propiedades	Algunos usos
Cobre				
Hierro				
Aluminio				
Oro				
Plata				
Platino				

8. ¿Qué son las aleaciones?
9. ¿Por qué es importante conocer las propiedades de los metales?
10. ¿Por qué es importante de hablar de “sustentabilidad” en el uso de los metales?

ANEXO 7

Tipos de preguntas

TIPOS DE PREGUNTAS

En la tabla se muestran las características de las preguntas, que más allá de que sean cerradas o abiertas deben estar **bien formuladas**, (que estén estructuradas con precisión y claridad), **unívocas** (es decir que su significación sea la misma para diferentes sujetos) y **factibles** (que pueda responderse en las condiciones particulares en las que se encuentra el investigador). Cabe hacer notar que para un mismo hecho, las preguntas relevantes pueden ser distintas para diferentes personas.

Cerradas	Abiertas
La pregunta solicita información proveniente de una sola fuente	La pregunta solicita evidencias provenientes de dos o más fuentes
La respuesta es correcta o equivocada, corta y se encuentra en un solo lugar	La respuesta posible proviene de diversas fuentes, es amplia, remite al análisis, apela a la organización de hechos, o de conceptos y establece relaciones entre los mismos

Ejemplos de preguntas cerradas:

- ¿Cómo te llamas?
- ¿Dónde vives?
- ¿Cuántas veces aparece la letra a en esta oración?

Ejemplos de preguntas abiertas

- ¿Por qué el cielo cambia de color al anochecer?
- ¿Cómo se creó el Universo?
- ¿Cómo sabemos que los átomos existen?

ANEXO 8

Diagrama Heurístico (con instrucciones de llenado)

Diagrama heurístico sobre:		Pts
HECHOS (Se refiere a las observaciones que hemos hecho respecto a algo que nos llevan a formular una pregunta)		
PREGUNTA (Enunciado de una pregunta abierta que requiere un contexto)		
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	0
Aplicaciones (Se refiere a las aplicaciones -usos- que tiene lo que estamos investigando)	Procedimiento para la obtención de datos (Se refiere a lo que hacemos para obtener la información: qué experimentamos, qué investigamos, a quién le preguntamos, etc.)	
Lenguaje (Se refiere a los términos que requerimos saber para responder a la pregunta. Por ejemplo, las definiciones)	Procesamiento de los datos para obtener un resultado (Se refiere al manejo de datos y resultados en tablas y/o gráficas, cuadro sinóptico, mapa conceptual, diagramas, dibujos, etc.)	
Modelo (Se refiere al modelo teórico que se usa para dar explicaciones sobre el tema de la pregunta. Por ejemplo: modelos atómicos, teorías, etc.)	Análisis y/o conclusión derivado de los datos (Se refiere a lo que obtengamos de la búsqueda de información y/o experimentación)	
RESPUESTA O RESULTADO (Explicación que responde a la pregunta)		
REFERENCIAS De los hechos: De los conceptos: De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		

ANEXO 9

Guía de elementos básicos para la argumentación en ciencias (Modelo argumentativo de Toulmin)

Elementos básicos para la argumentación en ciencias

CONCLUSIÓN: Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado.

DATOS: Hechos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión.

JUSTIFICACIONES: Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión.

REFUTADORES: Son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza.

Ejemplo 1:

(Información adicional: Un conductor eléctrico es aquel cuerpo que puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente elementos, aleaciones o compuestos con electrones libres que permiten el movimiento de cargas).

CONCLUSIÓN: “El agua no es un conductor de la electricidad”		
EVIDENCIAS	JUSTIFICACIONES	REFUTADORES
ARGUMENTACIÓN FINAL:		

Ejemplo 2:

CONCLUSIÓN: “El cuarzo ahumado representa el inconsciente y la intuición”		
EVIDENCIAS	JUSTIFICACIONES	REFUTADORES
ARGUMENTACIÓN FINAL:		

ANEXO 10

Ejemplo de ejercicio de argumentación

CONCLUSIÓN:

“Los minerales presentan una variada coloración debido a la presencia de centros de color en su estructura, al estado de oxidación de los elementos que le componen, a las inclusiones e impurezas de estos y a la estructura de red cristalina que presenten”

EVIDENCIAS (DATOS):

JUSTIFICACIÓN:

REFUTACIÓN:

ARGUMENTACIÓN COMPLETA:

ANEXO 11

Examen

EXAMEN

NOMBRE: _____ GRUPO: P9 - 519

ASOCIACIÓN DE PALABRAS

1. Escribe de las palabras que consideres están relacionadas con el término: **MINERAL**, no se aceptan los adjetivos calificativos como bonito, caro, feo, etc.

- 1. Mineral: _____
- 2. Mineral: _____
- 3. Mineral: _____
- 4. Mineral: _____
- 5. Mineral: _____
- 6. Mineral: _____
- 7. Mineral: _____
- 8. Mineral: _____
- 9. Mineral: _____
- 10. Mineral: _____
- 11. Mineral: _____
- 12. Mineral: _____
- 13. Mineral: _____
- 14. Mineral: _____
- 15. Mineral: _____
- 16. Mineral: _____
- 17. Mineral: _____
- 18. Mineral: _____
- 19. Mineral: _____
- 20. Mineral: _____

NOMBRE: _____

GRUPO: P9 - 519

ASOCIACIÓN DE PALABRAS

2. Escribe de las palabras que consideres están relacionadas con el término: **METAL**, no se aceptan los adjetivos calificativos como bonito, caro, feo, etc.

1. Metal: _____
2. Metal: _____
3. Metal: _____
4. Metal: _____
5. Metal: _____
6. Metal: _____
7. Metal: _____
8. Metal: _____
9. Metal: _____
10. Metal: _____
11. Metal: _____
12. Metal: _____
13. Metal: _____
14. Metal: _____
15. Metal: _____
16. Metal: _____
17. Metal: _____
18. Metal: _____
19. Metal: _____
20. Metal: _____

NOMBRE: _____ **GRUPO:** P9 - 519

3. Completa el siguiente cuadro de acuerdo a lo que sepas de cada uno de los siguientes materiales:

	Escribe un ejemplo (nombre)	Escribe tres de las propiedades que lo distinguen	Escribe cómo podemos expresar su constitución química
ROCA			
MINERAL			
METAL			

4. ¿Consideras que México tiene importancia mundial respecto a los recursos minerales?

5. Imagina que eres un geólogo investigador y te llevan al laboratorio un trozo de un material desconocido sacado de una mina... tu trabajo depende de que puedas descubrir de qué material se trata... ¿qué harías para identificarlo?
