

## 4.0 METODOLOGÍA

*Es preciso que los maestros se asignen por tarea, ya no la de localizar de entre la masa de sus alumnos a los que parezcan dignos de integrarse a una minoría selecta, sino permitir el acceso de toda la masa a la cultura. Esto supone, evidentemente, otros métodos de enseñanza. Supone que el profesor se interese por todos sus alumnos, que trate de hacerse comprender por todos, que los escuche tanto como les habla. Supone dejar de considerar que pensar solo, detrás de su escritorio (y pensar la misma cosa desde hace 30 años) representa el ejercicio de la inteligencia.*

J.P. Sartre

### 4.1 DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

La metodología de trabajo que se siguió durante la estructuración de las secuencias didácticas consideró varios factores entre los que destacan: Los principios del Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades (Capítulo 2.0), incluida la naturaleza de las aulas-laboratorios existentes en el Colegio, las aproximaciones psicopedagógicas del aprendizaje (constructivismo social), las ideas innovadoras de la corriente CTS y las experiencias de los investigadores que han trabajado en el diseño y evaluación de las secuencias de enseñanza-aprendizaje (capítulo 3.0).

Como un primer paso en el diseño de las secuencias, se ubicó el contexto educativo que enmarca la enseñanza-aprendizaje de la química en el bachillerato universitario, aspectos que en capítulos anteriores se han desglosado; sin embargo, de manera general, quedó establecido que el Colegio de Ciencias y Humanidades es un bachillerato que promueve en sus egresados una cultura integral básica con una visión humanística y científica del conocimiento, así mismo los planes de estudio y la filosofía de enseñanza dan prioridad a la investigación, el análisis, la experimentación y la reflexión como elementos indispensables para la construcción del conocimiento. Su enfoque pedagógico concibe al docente como mediador y guía del proceso enseñanza-aprendizaje y centra la atención en el estudiante como actor principal del proceso. De

igual manera, a lo largo de este trabajo, se ha venido señalando la crisis actual que envuelve a la enseñanza de la ciencia en varias partes del mundo: los bajos niveles de aprendizaje y el desinterés por los cursos de química, son problemas que también han alcanzado a las instituciones educativas mexicanas. Teniendo esto en mente, la estructuración de las secuencias contempló como característica importante la motivación del estudiante. Por esta razón, en la selección de los temas tratados en las secuencias didácticas, se involucró a los educandos, escuchando su opinión a través de cuestionarios abiertos, con el propósito de conocer los temas de interés de los alumnos, tanto de manera general como los referidos a los programas de química III y IV del plan de estudios del Colegio. Todo esto con la finalidad de satisfacer la curiosidad de los estudiantes y de presentar actividades atractivas para ellos.

Independientemente de su presentación formal en la sección 5.1 de esta tesis, algunos de los temas de orden general sugeridos por los alumnos fueron:

- código genético y clonación
- avances científicos y tecnológicos

y en particular, sobre temas de química optaron, en ese orden de frecuencias, por:

- Contaminación por metales pesados y
- Los fertilizantes y su impacto ambiental
- Polímeros
- Petróleo

Entre los que se decidió por el primero, para aplicarlo en el tema de la industria minero-metalúrgica de la Química III y el de polimerización para la Química IV, de tal forma que la puesta en práctica se diera durante el año escolar.

Seleccionado el tema se procedió a dar sustento a los contenidos disciplinarios, considerando los aspectos epistémicos del tema y orientando las metas de aprendizaje a los objetivos establecidos en los programas de química. Para ello se llevó a cabo una investigación de los contenidos disciplinarios, de los aspectos científicos y

tecnológicos involucrados, así como de las características y tipos de materiales curriculares CTS, existentes en el medio educativo.

Siguiendo la recomendación de los expertos, otro punto a considerar fue la indagación de las concepciones de los estudiantes (antes de la instrucción), acerca de los científicos, la ciencia y la tecnología, porque se pensó en contrastar la influencia de las secuencias didácticas sobre las concepciones alternativas de los estudiantes respecto a estos temas. Para este fin se aplicó una serie de pre-tests y post-tests que contemplan preguntas referidas a ello.

La estructura de las secuencias fue pensada para transitar en los tres niveles de los que habla Linjse(2000)-nivel de contenido, nivel motivacional y nivel de reflexión- para esto se incluyó toda una serie de estrategias didácticas recomendadas en la literatura CTS (Martín-Gordillo y Osorio, 2003; Soledad, 2003, Acevedo, 1996 y 1997; Membiela, 1995).

- Redacción de lecturas con anécdotas históricas
- Estructuración de "casos simulados" que permiten la participación y el debate entre los estudiantes respecto a una problemática planteada
- Adecuación de actividades experimentales
- Construcción de cuestionarios guía

A continuación se describe cada secuencia con el planteamiento de sus demandas y metas de aprendizaje (Kabapinar, Leach, Scott, 2004):

- ✓ **"Contaminación por metales una llamada de alerta"**. Ésta secuencia se inserta dentro de la unidad 2 *Industria minero-metalúrgica* del programa de química III del Colegio de Ciencias y Humanidades y pretende cubrir los temas: elementos esenciales para la vida y contaminación por metales.

Esta secuencia se escogió por la actualidad del tema de la contaminación de dulces mexicanos con plomo en los Estados Unidos, lo cual era en ese momento, en el año de 2005, un tema atractivo y de interés para los estudiantes.

Se incorporó a la secuencia didáctica un diagrama acerca de la utilización de metales por el cuerpo humano, como un avance de la química bioinorgánica básica para todo ciudadano y para que el estudiante no se lleve la idea de que todos los metales son peligrosos, sino que existen algunos sin los cuales no podríamos vivir.

Desde el punto de vista de la contaminación es importante difundir el tema acerca de lo peligroso (toxicológicamente hablando) que resultan los metales pesados, en particular el plomo, al cual nos vemos sometidos, entre otras razones debido a su presencia en las capas más externas de las lozas hechas a mano por nuestros indígenas y que son empleadas para comer en tantos hogares mexicanos. Se puso énfasis en la elaboración de la secuencia en hablar de las consecuencias del saturnismo, como es llamada la enfermedad producto de la contaminación por plomo. La discusión se extendió a otros metales y no-metales peligrosos para el ser humano, tales como mercurio, cadmio y arsénico.

Se incluyeron en la secuencia didáctica actividades que fomentasen la observación, la imaginación, la participación y la investigación, en apartados llamados "Retos". En estas actividades se propone la discusión acerca de las propiedades de los metales en comparación con otros materiales y la discusión acerca de las características del modelo metálico que puede explicar tales propiedades, propiciando el debate e intercambio de argumentos entre los alumnos. Otro de los retos que se plantean dentro de la secuencia, es que a partir de una investigación documental, los estudiantes propongan un método de análisis químico para identificar la presencia de plomo en alfarería vidriada y en los dulces de tamarindo, mismo que posteriormente se discute y adecua a las condiciones del laboratorio del colegio.

Es importante aclarar que la actividad experimental se diseñó poco después de que los estudiantes representaron y debatieron, por medio de un socio drama, la problemática que se vive en Torreón con la empresa Peñoles y la problemática que se suscitó en nuestro país con la presunta contaminación de dulces mexicanos con plomo. En este debate se puso énfasis en el entramado legal de la demanda hecha por los productores de dulces estadounidenses a través de algunas de las agencias como son la "Food and Drug Administration" (FDA) o Administración para alimentos y medicamentos y al Department of Health Services (DHS) o Departamento de Servicios de Salud, ambas de los Estados Unidos. Los alumnos se dieron a la tarea de investigar tanto la función que desempeñan estas agencias, así como las versiones emitidas por ellas en torno a este asunto, comparando la forma de actuar de las agencias gubernamentales de los Estados Unidos con el desempeño de las instituciones mexicanas, en particular la Secretaría de Salud y la Procuraduría Federal del Consumidor.

#### Demandas de aprendizaje:

- Poner en tela de juicio la información no validada por un medio certificado.
- Fomentar el debate y la argumentación en aspectos de bioética, contaminación y toxicología.
- Incorporar los conceptos y el lenguaje de la química a la cultura básica del estudiante.
- Valorar la importancia de poseer una cultura química como medio de acceso para la participación ciudadana en la validación de la ciencia y los desarrollos tecnológicos del presente siglo.

#### Metas de aprendizaje:

- Reconocer la importancia biológica de los metales (A31<sup>\*</sup>)

---

<sup>\*</sup> Estas claves identifican los aprendizajes, señalados para ese tema, en los programas de química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

- Conocer cómo es que los metales pesados contaminan el ambiente y dañan la salud (A32)
- Cuestionar el impacto de la industria minero metalúrgica en la salud y el medio ambiente (A32)
- Valorar la importancia del análisis químico para la identificación de metales pesados en productos de uso diario.

✓ ***"La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna"***. Ésta se inserta dentro de la unidad 2 *El mundo de los polímeros* del programa de química IV y pretende cubrir el tema ¿cómo se obtienen los polímeros sintéticos?

El tema de esta secuencia trae a colación un hecho que ya resulta desafortunadamente demasiado familiar, pero que fue todo un hito en su momento, en 1969. Recordar esos años de la carrera espacial y todas las tecnologías que se involucraron en su desarrollo resulta tener gran importancia para que los alumnos se percaten del impacto que tiene la tecnología en nuestra vida diaria y su calidad.

Como parte central se incluye lo que hacían los químicos en tanto se daba dicha carrera espacial, hablando esencialmente de la historia de la ciencia de los materiales y la de los polímeros sintéticos. Con la llegada del policloruro de vinilo (PVC), el poliuretano, el politetrafluoroetileno (Teflón), el nylon y el poliestireno, se inicia una revolución en la industria de aislamientos, embalajes, revestimientos y textiles, de gran influencia en nuestro modo de vida desde entonces.

Se pone de ejemplo la fabricación de poliuretanos, los polímeros ligeros de los que están hechos las almohadas de tantas camas y los cojines de tantas salas en la actualidad, a cuento de su fabricación para los implementos de las naves de los astronautas y cosmonautas. Posteriormente se hace énfasis en los campos de aplicación del poliuretano, en las industrias de la construcción, automotriz, de pinturas, refrigeración, muebles, incluido su uso en la fabricación de condones.

Para que los alumnos se lleven una idea de que la ciencia y la tecnología también prosperan mediante la serendipia, se incluye la descripción del experimento “fallido” de Otto Bayer, en donde se muestra una de las características que define a los científicos: su perseverancia. También se pone de manifiesto que la comercialización de los desarrollos tecnocientíficos, muchas veces no son tan inmediatos como se piensa, algunos de ellos han esperado años, antes de encontrársele alguna aplicación y otros tantos desarrollos han sido por mucho tiempo, exclusivos para determinados sectores de la población.

Dentro de la secuencia didáctica se incluye una actividad experimental en la que se lleva a cabo la polimerización del uretano, aprovechando el empleo de las aulas-laboratorios del CCH. La forma en que se encuentra estructurada la actividad experimental despierta la curiosidad de los estudiantes porque ellos realizan la síntesis de un material que desconocen y se ven obligados a observar y determinar las propiedades de dicho material para encontrarle alguna buena aplicación. Posteriormente se presentan las reacciones químicas de polimerización a los alumnos, para que no piensen en magia cuando observan la reacción de ese material polimérico y además se discute que tan sencillo resulta para ellos encontrar hoy en día alguna aplicación a este tipo de materiales, en comparación con las dificultades que Otto Bayer tuvo que superar para poder comercializar su producto.

La secuencia concluye, haciendo un énfasis en el reciclaje de polímeros que es la forma más redituable para deshacerse de ellos. Lo que se pretende en este punto de la secuencia es que los alumnos como integrantes de una sociedad, contribuyan a dar solución a los problemas de contaminación por polímeros.

Al final de la secuencia se plantea un cuestionario para discutirlo abiertamente en la clase, el cual incluye preguntas y cuestionamientos acerca de la ciencia, la tecnología y los científicos, temas centrales en los pre-tests y post-test aplicados a los alumnos con la intención de que ellos reflexionen sobre los beneficios y consecuencias de los desarrollos tecnológicos.

#### Demandas de aprendizaje:

- Valorar la tecnología de la polimerización como una importante herramienta para la obtención de bienes.
- Argumentar acerca del peligro de la contaminación por residuos plásticos.
- Reconocer la trascendencia del trabajo científico en la vida diaria
- Identificar las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente
- Desmitificar el trabajo científico.

#### Metas de aprendizaje:

- Valorar el conocimiento químico que permite diseñar materiales que respondan a muy diversas necesidades (A22)\*\*
- Conocer un ejemplo de síntesis de polímeros (Poliuretano)
- Explicar algunas características de los polímeros en relación a su biodegradabilidad (A28)
- Reflexionar respecto al uso y producción de polímeros considerando sus efectos sobre el medio ambiente

---

\*\* Estas claves identifican los aprendizajes señalados en los programas de química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.



Blanca Estela Zenteno Mendoza

## ¿Alguna vez te has imaginado como sería tu vida sin la presencia de los metales?

uso es tan cotidiano que a veces no consideramos su utilidad. Sin embargo los metales y sus aleaciones han contribuido al desarrollo de la sociedad en que vivimos.

En nuestra vida diaria los metales se nos presentan de muchas y muy variadas formas, como parte de construcciones, medios de transporte, dispositivos para la industria y diversos objetos para el hogar, tanto muebles como utensilios para la cocina, instalaciones eléctricas, adornos, esculturas, aretes y hasta el cierre de tu pantalón ha sido elaborado con algún metal o alguna aleación (mezcla de metales). Si meditas un momento, te darás cuenta que el uso que le damos a los metales se encuentra estrechamente relacionado con las propiedades físicas y químicas que poseen.

### Reto #1 atrévete a observar

¿Podrías citar las propiedades que diferencian a los metales, de otros materiales como la madera, vidrio o plástico?, ¿Por qué cuando tocas con tu mano la superficie de un metal, percibes una sensación de frío que no percibes cuando tocas la madera? Registra la respuesta en tu cuaderno.

La conductividad eléctrica de los metales permite su uso en circuitos eléctricos y microcircuitos de cómputo, su tenacidad y conductividad térmica es considerada al diseñar equipo industrial porque ofrece ventajas sobre otro tipo de materiales. La maleabilidad y resistencia de los metales hace posible la fabricación de automóviles, monedas, artesanías y un gran número de artefactos.

### Reto 2. Atrévete a imaginar

¿Cómo se encuentran unidos los átomos en los metales para que puedan exhibir esas propiedades (conducir el calor y la corriente eléctrica, presentar brillo, ser dúctiles y maleables)? Consúltalo con la almohada, pero no pierdas de vista que para resolver este misterio deberás transportarte al mundo “submicroscópico” de la química. Para ello te aconsejo que consigas unos “lentes mágicos” para que puedas “ver”, átomos, moléculas y electrones. Posteriormente dibuja en una cartulina cómo se vería a nivel “submicroscópico” un cazo de cobre (de los que utilizan en Michoacán para freír carnitas) y un anillo de plata de los que exhiben en Taxco Guerrero. Muestra tu dibujo al resto del grupo y discute de que forma tu dibujo (modelo) permite explicar las propiedades físicas de los metales.

### **¿Qué tienen que ver los metales con tu salud?**

Los metales están presentes en todas partes, pero su importancia va mucho más allá de lo que observamos. Los metales son esenciales para la vida ya que intervienen en los procesos vitales del cuerpo. Algunos forman parte de la estructura de enzimas (catalizadores biológicos), hormonas y de otras moléculas importantes como la hemoglobina, con un átomo del metal hierro, que se encarga del transporte de oxígeno en la sangre.

El zinc es importante para el crecimiento, para sanar heridas y para el desarrollo de las glándulas sexuales masculinas. El cobalto forma parte de la molécula de la vitamina B<sub>12</sub>. Otros elementos en pequeñas

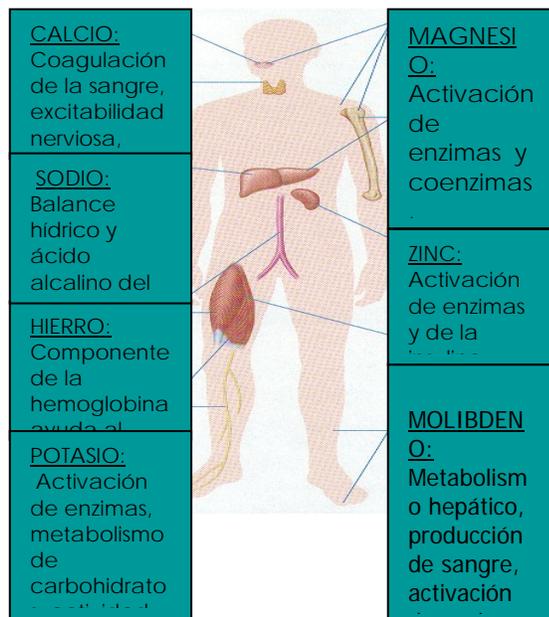
cantidades juegan un papel determinante dentro del organismo, por ejemplo: una deficiencia de cobre produce una serie de síntomas que van desde el cambio de coloración en el pelo, hasta la anemia y las enfermedades de los huesos. El manganeso es esencial para el sistema óseo, para el buen funcionamiento del sistema nervioso y la reproducción. El cromo permite la activación de la insulina que regula el metabolismo de la glucosa.

Sin embargo el exceso de alguno de estos micronutrientes puede dar lugar a envenenamiento. Recuerda lo que pronunció Paracelso en 1538: “¿Qué hay que no sea veneno? Todas las cosas son venenos y nada está sin veneno. Solamente la dosis determina que algo no sea veneno”.

Paracelso también dijo: “Si se administra en pequeñas dosis, lo que vuelve enfermo a un humano también lo cura”. Por cierto, él fue el primero en relacionar la enfermedad del bocio con la administración de minerales, en particular con el plomo del agua que bebían.

Cuando se ingieren grandes cantidades de hierro, éste se acumula en el cuerpo favoreciendo la hemocromatosis (intensa deposición de hierro y daño de órganos). En algunos casos de hemocromatosis el metal precipita en los tejidos del corazón y ocasiona disturbios eléctricos, arritmia y enfermedades del corazón. ¡Ojo! ¡Ten cuidado con los alimentos enriquecidos en hierro!

## FUNCIÓN DE LOS METALES



### ¿Qué onda con el Heavy metal?

Tal vez ya los has escuchado citar por algún lado, en la televisión, en el radio o en los periódicos, porque hoy en día se rumora mucho de sus efectos.

Para los químicos "Heavy metal" (metal pesado) es un grupo, pero no de rock, sino de contaminantes que representan un peligro ambiental al no ser química ni biológicamente degradables. Entre ellos se encuentra en primera instancia: plomo (Pb), mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y arsénico(As).

La toxicidad de los metales pesados depende de la forma física y química en la que se encuentran. Todos ellos son muy peligrosos como cationes de una sal porque de esta forma tienen una alta afinidad por el azufre (S) y los grupos "sulfhidrilo" -SH que comúnmente se encuentran presentes en la estructura de las enzimas.

Las enzimas controlan la velocidad de las reacciones metabólicas del cuerpo pero cuando se ingieren cantidades importantes del metal, este forma un enlace muy estable con la enzima (R-S-M-S-R) ocasionando que pierda su función metabólica, lo que da por resultado, el deterioro de la salud a veces de forma fatal.

En su forma elemental los metales son menos tóxicos. El mercurio líquido, utilizado en los termómetros y las amalgamas dentales es menos dañino que sus vapores, pero las sales de mercurio son bastante tóxicas y esto depende de la solubilidad que tengan en los fluidos del cuerpo.

La forma más tóxica del mercurio es cuando se encuentra formando parte de un compuesto organometálico (alquil mercurio) que no es soluble en agua, pero que se puede almacenar en el tejido graso del cuerpo.

En general estos metales enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono también son tóxicos.

El plomo se acumula en los huesos porque reemplaza al calcio. Análisis realizados a esqueletos antiguos muestran niveles significativos de plomo, 100 veces más altos que los reportados actualmente en pacientes contaminados. Para disminuir la intoxicación se recomienda ingerir vitamina D y consumir alimentos ricos en calcio.

Los compuestos de cadmio son utilizados como pigmentos (verde, amarillo, naranja y marrón) en cerámicas, pinturas y plásticos, sin embargo es más factible la contaminación por cadmio cuando se tiene el hábito de fumar cigarrillos, porque aproximadamente 20 cigarrillos proporcionan 30microgramos de cadmio al cuerpo.

Para contrarrestar la intoxicación por cadmio es recomendable la ingesta de vitamina C y de alimentos ricos en bioflavonoides.

*Tabla 1: fuentes de contaminación por metales pesados y efectos a la salud*

METAL/FUENTE	EFFECTOS A LA SALUD	NIVELES PERMITIDOS EN ALIMENTOS
<p><b>P L O M O</b> fundidoras, fabricas de baterías, tuberías de agua, sales para vidrioado y loza de barro vidriada, algunas pinturas, recipientes de peltre, soldaduras de latas, acumuladores y gasolinas con tetraetilo (en México se dejaron de usar en 1997)</p>	<p>En niveles bajos (10 a 25 microgramos/dL): debilidad, cansancio, dolor de cabeza y abdomen, incremento de la presión arterial, dolor muscular, irritabilidad, falta de atención. En niveles más altos (30 a 100 microgramos/dL): anemia, daño agudo al cerebro y al sistema nervioso central.</p>	<p>En bebidas 0.2mg/kg Otros alimentos 1.5 mg/kg. La norma oficial mexicana improvisada en 1999, establece: 10 microgramos de plomo/decilitro de sangre. Aunque este nivel no es seguro. Es recomendable evitar la ingestión de bebidas alcohólicas porque se favorece la absorción de plomo</p>
<p><b>M E C U R I O</b> Alimentos contaminados (pescado), fungicidas utilizados en la agricultura, es utilizado en termómetros barómetros y en las amalgamas dentales aunque en países como Alemania se ha sustituido por otro tipo de amalgamas que no contienen mercurio.</p>	<p>Como elemento el Hg se absorbe por inhalación y contacto. Se acumula en hígado, riñón e intestino. En forma de compuesto orgánico (metilmercurio), afecta al cerebro, cerebelo y corteza, ocasionando varios síntomas, entre ellos:, falta de coordinación, sordera, visión borrosa y disminución del campo visual.</p>	<p>Pescado: 0.5 mg de mercurio/ kg de alimento. En otros alimentos 0.03mg/Kg</p>
<p><b>C A D M I O</b> Pinturas, pilas y algunos plásticos. También puede llegar al organismo por inhalar humo de tabaco o ingerir agua contaminada.</p>	<p>El envenenamiento por cadmio produce osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer de pulmón y de próstata, hipertensión y diversas cardiopatías.</p>	<p>Bebidas 0.05mg/kg Carne 1.25 mg/kg Otros alimentos 0.05mg/kg</p>
<p><b>A R S É N I C O</b> En alimentos contaminados por fertilizantes y plaguicidas (arseniato de plomo, <math>Pb_3(AsO_4)_2</math>.) Conservador de la madera (arseniato de cobre).</p>	<p>El arsénico es conocido por producir cáncer en los humanos</p>	<p>Bebidas 0.1mg/kg Otros alimentos, 1.0mg/kg</p>

## Un poco de historia...

El problema de contaminación por metales pesados no es nuevo, ya que existen algunos registros históricos que relatan intoxicaciones sufridas a causa de la ingestión de alguno de estos metales, sólo que la industrialización, el crecimiento demográfico y su uso desmedido, han dado lugar a un grave problema ambiental.

Los registros que se tienen sobre problemas de contaminación por metales pesados, datan de la época antigua; se encuentra registrado en la historia que desde hace unos 2000 años eran ya conocidos los efectos dañinos del plomo en la cultura grecorromana. La sintomatología de intoxicación por plomo fue descrita por Hipócrates y Plinio, denominando "saturnismo" a este tipo de intoxicación. El nombre de la enfermedad viene del "color saturno", ya que en algunos casos la acumulación excesiva de plomo en la sangre producía una coloración en la piel del enfermo, además de los terribles síntomas. Algunos investigadores creen que el uso generalizado que le daban al plomo en la antigua Roma, tuvo que ver con la caída del imperio, porque en esta ciudad el plomo se encontraba en todas partes: en las tuberías del sistema de bombeo del agua, en las vasijas vidriadas donde almacenaban el vino y la cerveza, incluso se utilizaba un jarabe espeso llamado "sapa" o "azúcar de plomo" para endulzar los alimentos y bebidas que consumían. El "sapa" no era otra cosa que el acetato de plomo (II), el

cual se obtenía al evaporar vino en una olla de plomo.

Estudios recientes han revelado que los problemas de sordera de Beethoven se encuentran asociados al envenenamiento con plomo porque al analizar el cabello del músico se encontró una alta cantidad de este metal, probablemente por el excesivo consumo de pescado contaminado proveniente del Danubio.

Del mismo modo las crisis de salud sufridas por Goya se atribuyen al saturnismo, como resultado del manejo constante del albayalde, carbonato de plomo utilizado en pinturas.

Por otra parte el mercurio era uno de los medicamentos más populares del medioevo, incluso en el siglo XVI se recomendaba para el tratamiento de la sífilis (pero no sabían si el paciente moría de sífilis o de envenenamiento) mientras que el calomel (cloruro de mercurio) fue utilizado como purga (catártico) popular y algunas otras sales de mercurio como diurético. Incluso algunos autores sugieren que el comportamiento extraño de Sir Isaac Newton en sus últimos días, se debió al continuo uso del mercurio en sus experimentos.

Sin embargo actualmente, pese a la innovación de tecnologías, el problema de contaminación por metales pesados está presente en nuestra vida cotidiana.

¡Presta atención a lo siguiente!

## **“Dulces metálicos”**

### ***¿Protección sanitaria o Estrategia comercial?***

A mediados del 2004 comenzó a entretenerse en el estado de California una historia relacionada con la producción y venta de dulces mexicanos, que hasta el día de hoy, marzo del 2005, tiene eco en los medios de comunicación de México y de los EE.UU.

“Que si los dulces mexicanos son la causa del envenenamiento por plomo en el condado de Orange...”

“Que si los fabricantes mexicanos cuidan más el control de los productos que envían a los Estados Unidos que los que venden en México...”

“Qué si debe evitarse el consumo de dulces mexicanos porque estos pueden contener altos niveles de plomo dañino para la salud...”

Estos son algunos de los rumores que circulan en ambos países pero, ¿Qué hay de cierto en torno a lo que se escucha?

Por un lado el Departamento de servicios de Salud de los Estados Unidos (DHS), advierte a los ciudadanos de no consumir ciertos dulces que se importan desde México, entre ellos: El producto chacachaca, tablarindo, lucas limón, serpentinas, pulparindo, súper rebanaditas, tamaroca, vero mango, paletas bolirindo y pelón pelo rico.

¿Los conoces? O mejor dicho ¿Los consumes? Pues bien, estas son algunas marcas de dulces que han sido acusadas de contener altos índices de plomo, tanto por el DHS como por la FDA (Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos).

La Coalición de Salud Ambiental (por sus siglas en inglés EHC) encargada de promover el llamado de alerta en ese país, señala que el origen de la contaminación en los dulces, proviene de varias fuentes:

- Las tintas provenientes de la envoltura, que penetran al dulce
- El barniz de las ollas de barro en donde se vende el dulce (cerámica vidriada)
- Del chile que no se lava antes de moler y se deja a la intemperie.
- Incluso del diesel y la gasolina que utilizan las maquinas dentro del proceso de elaboración.
- También dicen que las características del tamarindo facilitan su contaminación con plomo.

Sin embargo es necesario señalar que desde hace algunos años, nuestro país se ha preocupado por modificar la formulación de pinturas y gasolinas, así como los procesos artesanales de cerámicas vidriadas a baja temperatura.

El caso es que toda esta historia daña la imagen de la industria dulcera nacional al promover una baja considerable en sus exportaciones.

Incluso la FDA ha enviado una carta a fabricantes, importadores y distribuidores de dulces extranjeros para que sea prohibida la venta de aquellos productos con niveles de plomo superiores a 0.1 ppm (0.1 mg/kg), a pesar de que la norma emitida en 1995 autoriza 0.5 ppm. Por su parte el Departamento de servicios de Salud de California, recomienda al público que informe a cualquier vendedor de este dulce llamando a su línea de quejas.

No cabe duda que el gobierno de los Estados Unidos lleva a cabo un minucioso control de los productos que importa de otros países como México, fuere cual fuere la intención: protección sanitaria o protección arancelaria.

Pero ¿Qué le impide a nuestro país hacer lo mismo? ¿Por qué no se protege a los consumidores y al mercado nacional de la misma forma? ¿Faltan recursos? ¿Contamos con la tecnología suficiente? O ¿nos falta el valor y el amor a la patria?

Lo curioso del caso es que esta llamada de alerta se da poco antes de la celebración de halloween en los EE.UU., época en la cual los dulces mexicanos superan las ventas de los dulces estadounidenses. Cabe mencionar que el mercado de dulces en California representa ganancias para las empresas mexicanas de hasta 620 millones de dólares al año.

Otro aspecto para reflexionar es el hecho de que Herhsey Foods Corporation, una de los principales

fabricantes y comercializadoras de dulces en el mundo, ha anunciado la adquisición del grupo jalisciense Lorena, grupo sobre el que se inició la política de descrédito.

El Senado de la República en México califica este acontecimiento como contradictorio, pues mientras en Estados Unidos se extiende un rechazo generalizado contra los dulces con chile mexicanos, una de sus principales empresas de chocolates, adquiere una de las compañías de dulces más importantes en México

Por su parte las compañías productoras y distribuidoras de dulces mexicanos, negaron las acusaciones emitidas por la FDA en julio del año pasado, e incluso interpondrán una demanda por difamación y daños, ya que las empresas se vieron obligadas a disminuir su producción de 100 a 30% en el mejor de los casos.

Sus dueños expresaron que este tipo de competencia desleal, no solo perjudica la imagen de la industria dulcera nacional sino también a las familias de los trabajadores que quedarán desempleados si continúa esta situación.

Toda esta historia enfrenta a los consumidores mexicanos ante un dilema: seguir comprando los dulces con el riesgo de sufrir una intoxicación por plomo, o bien, unirse a las voces de protesta con todo lo que ello implica para el país.

¿Habrá otro camino?...¡Tú decides!

### **Reto#3 Atrévete a participar:**

Entabla un debate con los compañeros de tu grupo, personificando a cada uno de los sectores que intervienen en este relato: con representantes de los gobiernos de México y de Estados Unidos, de las industrias mexicanas, de la FDA, del DHS, representantes del público estadounidense y mexicano, grupos ambientalistas de ambos países. Documenta los argumentos que expondrás para defender al sector que representarás.

El gobierno estadounidense por medio de la FDA: debe asumir la responsabilidad de garantizar la salud de los ciudadanos de su país y del medio ambiente.

El gobierno mexicano a través de diversos órganos e instituciones (PROFECO y Senado de la República): debe asumir la responsabilidad de defender la salud de los ciudadanos, así como apoyar a las empresas mexicanas.

Los grupos ambientalistas y vecinos de la ciudad, deben asumir el papel de conciencia crítica ante esta situación y ante todo desarrollo tecnocientífico que afecta a la comunidad.

Los trabajadores de la compañía, tienen el derecho de defender su fuente de ingresos.

Los empresarios de las industrias de dulces mexicanos: por otro lado, deben probar su inocencia o enfrentar sus responsabilidades.

Si estás interesado en verificar lo la FDA y DHS de los EE.UU. dicen de los dulces mexicanos, atrévete a investigar.

### **Reto # 4 Atrévete a investigar e innovar:**

Con tus compañeros de equipo indaga como se determina la presencia de plomo en alimentos. Esto lo puedes hacer realizando una búsqueda bibliográfica, navegando en la red o preguntando directamente en los laboratorios químicos que realizan este tipo de análisis, como por ejemplo los laboratorios de la PROFECO y los laboratorios de la Secretaría de Salud.

El control propuesto por la FDA prohíbe la comercialización de los productos que tienen un contenido en plomo mayor a 0.1ppm.

0.1ppm = 0.1mg/kg =  
0.1microgramos/g.

El reporte del Departamento de Salud advierte que ciertos dulces de tamarindo, podrían contener 0.4ppm de plomo. ¿Qué cantidad de plomo en microgramos podrá ingerir una persona que consume dos dulces de este tipo al día. Considerando que cada dulce es de 30g aproximadamente y, ¿qué efectos tóxicos podrían manifestarse en la persona cuando se ingieren esas concentraciones de plomo?

## ¡Y TÚ QUÉ HARÍAS! RETO#3. ATRÉVETE A PARTICIPAR (caso 2).

A continuación te relatamos la problemática que se vive en la ciudad de Torreón, Coahuila, con la intención de que investigues más a fondo el caso y junto con tus compañeros de grupo armes un socio-debate en el que se propondrán soluciones al problema que enfrentan los pobladores de esta ciudad.

El 25 de febrero de 1999 los periódicos de Torreón publicaban una inquietante noticia: La cuarta fundidora de plomo más importante del mundo, ubicada en esa región, sería sometida a un juicio legal para determinar a través de una serie de audiencias públicas, si proceden o no las diversas medidas de control que van desde la reducción parcial o temporal del funcionamiento de la planta. Tanto dependencias federales, estatales y locales, intervendrán en dicha resolución.

Pero, ¿por qué habría de preocuparles una noticia como esa a los habitantes de esa ciudad? ¿Dónde radica la importancia de su participación?

Lo que sucede es que a esa noticia periodística, le antecedieron una serie de acontecimientos que los pobladores aún tienen presente:

Años atrás en esa localidad los investigadores de la Secretaría de Salud documentaron un caso de arsenismo agudo (que causó la muerte de un adulto), el cual fue atribuido a la fundidora y publicado en la revista "Salud Pública de México" en 1964. Estudios posteriores a esa fecha (1999) concluyeron que en Torreón los niveles de plomo y arsénico en el ambiente eran tan altos como los de cualquier otro sitio contaminado del mundo y que incluso rebasan los establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (EPA).

En cuanto al cadmio los investigadores informaron que la ciudad tiene los niveles más elevados jamás reportados en la literatura.

A este tipo de estudios se sumaron muchos otros más entre los que destaca el estudio realizado por un pediatra de la localidad, quién audazmente comenzó a ordenar análisis de plomo en sangre a sus pacientes. Lo que encontró fue revelador: de 51 niños analizados a 24 se les encontró plomo en sangre en niveles superiores a 10 microgramos por decilitro (cabe mencionar que la Academia Americana de Pediatría ubica en cero al nivel de plomo en sangre en niños). Al colocar los resultados de los análisis en un mapa, se dio cuenta que los niveles de plomo en sangre aumentaban cuanto más cerca de la fundidora vivían los niños.

La situación alarmó a médicos, ambientalistas y a cualquier ciudadano conciente de los efectos tóxicos de los metales pesados (en este caso plomo), a tal grado que los resultados se comunicaron a la Secretaría de Salud y de allí al congreso del estado, el cual intervino en la realización de estas audiencias y solicitó a investigadores, dependencias y vecinos de la localidad que recomendaran un organismo encargado de estudiar más a fondo el problema de salud causado por la fundidora propiedad de la compañía "Peñoles".

De ser confirmados los resultados, los ciudadanos de este poblado se enfrentarán ante la disyuntiva de: Votar a favor del cierre parcial o temporal de la planta, con la consecuente pérdida de una importante fuente laboral o bien permitir que la compañía siga laborando con el constante riesgo de contaminación por metales pesados, ya que por mucho tiempo la compañía "Peñoles" ha sostenido que cumple con la ley, siendo la propia empresa y no la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente la que mide las emisiones de contaminantes de la planta fundidora.

Sin duda este es un problema que requiere de la participación de todos los sectores de la sociedad.

El gobierno por su parte, debe asumir la responsabilidad de garantizar la salud de los ciudadanos y del medio ambiente.

Los grupos ambientalistas y vecinos de la ciudad, deben asumir el papel de conciencia crítica ante esta situación y ante todo desarrollo tecnocientífico que afecta a la comunidad.

Los trabajadores de la compañía, tienen el derecho de defender su fuente de ingresos.

Y la compañía "Peñoles" por otro lado, debe probar su inocencia o enfrentar sus responsabilidades.

Te invitamos a representar este debate y discutir esta problemática con tus compañeros. Documenta los argumentos que expondrás para defender al sector que representarás

# Actividad experimental complementaria:

## ¡CUIDADO ESTE PRODUCTO PUEDE CONTENER PLOMO!

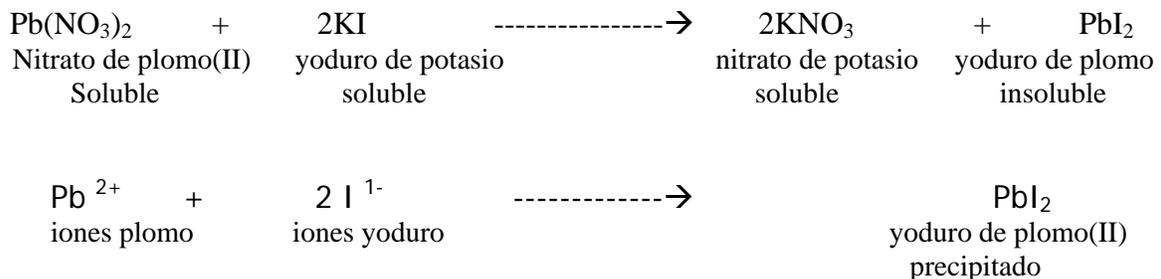
### OBJETIVO:

- Determinar cualitativa (si se encuentra presente o no) y cuantitativamente (en qué cantidad) la presencia de plomo en pinturas, alfarería vidriada, empaques de dulces de tamarindo e incluso dulces de tamarindo que se comercializan en recipientes de barro.
- Emitir un juicio válido respecto a la toxicidad y peligrosidad de las muestras analizadas, al comparar los resultados de tus análisis con las cantidades establecidas en la norma oficial mexicana NOM-010-SSA1-1993, "Salud ambiental. Artículos de cerámica vidriada. Límites de plomo y cadmio solubles".

### MÉTODO DE PRUEBA:

El plomo es extraído de la muestra por lixiviación con ácido acético al 5% o con ácido nítrico 6M (simulando condiciones extremas de uso en recipientes vidriados). Dependiendo de la naturaleza de la muestra y de la concentración de plomo contenido en ella, se podrá realizar cualquiera de los dos procedimientos que se proponen:

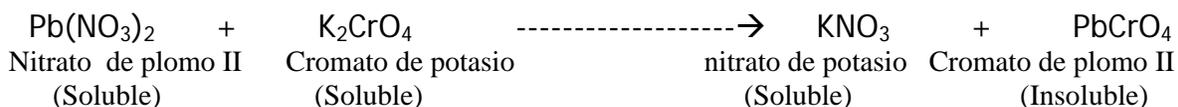
- a) método gravimétrico (el plomo se determina por pesada del precipitado). Es útil para determinar la presencia de plomo en muestras sólidas que contienen concentraciones de plomo de 0.1% (1000ppm) o más y en muestras líquidas cuya concentraciones de plomo son 0.01% o menor, aunque a esta concentración la prueba es únicamente cualitativa. En el método gravimétrico se utiliza ácido nítrico para descomponer la muestra sólida y obtener una disolución que contenga iones plomo (si éste se encuentra presente). Posteriormente se adiciona yoduro de potasio para precipitar el plomo en forma de yoduro de plomo el cual es un precipitado insoluble como se indica en la reacción:



Si te decides por la determinación cuantitativa deberás lavar con agua este precipitado para remover algún compuesto soluble que se encuentre adherido y realizar un lavado final con alcohol para eliminar el agua y permitir un secado más rápido del precipitado.

Si se tiene cuidado de preparar adecuadamente la muestra y de medir con exactitud su masa, partiendo de 0.2g de muestra, se podrá detectar una cantidad de plomo por debajo de 0.1% es decir por debajo de las 1000ppm.

- b) Método espectrofotométrico (en este caso el plomo se determina como precipitado disperso en un líquido que impide o bloquea el paso de la luz). Este método es aplicable principalmente para muestras líquidas que contienen plomo en pequeñas cantidades (0.005 – 0.010% de Pb), en especial es adecuado para determinar la presencia de plomo en alfarería vidriada. Por este método el plomo es precipitado en forma de cromato de plomo, porque se utiliza una disolución de cromato en lugar de yoduro (aún cuando el cromato no es muy selectivo ya que si se encontrasen presentes otros metales en la muestra, como por ejemplo bario o cobre, también podrían precipitar junto con el plomo) sin embargo el cromato de plomo es un precipitado poco soluble, se llegan a disolver 0.0002g de cromato de plomo en 1litro de agua, mientras que de yoduro de plomo se disuelven 0.7g de precipitado por litro de agua.



Dentro del procedimiento, se sugiere la adición de sacarosa antes de efectuar la precipitación del cromato de plomo con la intención estabilizar y controlar el crecimiento de los cristales del cromato. La adición de sacarosa hace que el tamaño de las partículas sea pequeño y uniforme. La cantidad de precipitado presente es directamente proporcional a la turbidez observada en la muestra, es decir a una mayor turbidez una mayor cantidad de precipitado y por lo tanto mayor presencia de plomo en la muestra.

La medición cuantitativa de la turbidez se realiza utilizando un espectrofotómetro (Espectronic 20), el cual detecta la cantidad de luz que pasa a través de la muestra así como la que se absorbe. El número de transmitancia que se lee en el aparato indica que proporción de la luz pasa a través de la muestra. Un 50% de transmitancia significa que únicamente la mitad de la luz es capaz de pasar a través de la solución.

## ☠ CUIDADO

Considera que algunas de las sustancias que ocuparás son tóxicas, así que evita el contacto con la piel y la inhalación directa. Utiliza el equipo de seguridad personal necesario.

## PROCEDIMIENTO PARA EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO

(Aplicable a muestras sólidas como virutas de pintura)

1. Pesar alrededor de 0.01g a 0.2g de la muestra sólida y 2.0g si la muestra es líquida. La muestra a analizar se coloca en un tubo de ensayo (10 x 75mm). Si se utiliza una muestra líquida, adicionar 3 gotas de ácido nítrico diluido y pasar directamente a la etapa 2. Si la muestra es sólida, adicionar 1ml (20 gotas) de ácido nítrico diluido (6M de  $\text{HNO}_3$ ) y calentar por 15 minutos colocando el tubo en baño de agua caliente. Si la muestra contiene pedazos que no se puedan romper, utilizar una varilla de vidrio para machacar y despedazar la muestra. En este punto del análisis, en el tubo se tendrán iones de plomo solubles (si es que la muestra contiene plomo); Cuida de no derramar la muestra por que se pueden sufrir pérdidas que sean causa de error en el análisis cuantitativo. Filtrar o centrifugar la muestra para separar la fase líquida de la fase sólida.
2. A la muestra líquida agregar 1 gota de una solución de sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) 1M y agitar cuidadosamente tapando el tubo con un tapón si es necesario. Posteriormente adicionar 3 gotas de una disolución de yoduro de potasio dos molar ( $[\text{KI}] = 2 \text{ M}$ ) y mezclar perfectamente la muestra. La aparición de un precipitado amarillo indicará la presencia de plomo en una concentración aproximada del 0.1% o más si se partió de una muestra sólida y de aproximadamente 0.01% o más si se parte de 2g de muestra líquida. Si se obtienen resultados negativos en esta etapa, adicionar 1 gota de una disolución de nitrato de plomo 0.1M  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  al tubo que contiene la muestra, con la intención de ver cómo se observa una muestra que resulta positiva.
3. Si la etapa dos resulta positiva y tú deseas realizar un análisis cuantitativo deberás primeramente recuperar el precipitado de nitrato de plomo, mediante filtración, realizar una serie de lavados para eliminar impurezas, secar y pesar, con la finalidad de realizar los cálculos de cuantificación.

## PROCEDIMIENTO PARA EL MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO (para muestras lixiviadas en vinagre)

1. Sumergir la muestra (alfarería vidriada o loza de barro) en 100mL de vinagre durante 24hr
2. Colocar 35mL de vinagre (disolución acuosa de ácido acético al 5%) en un matraz de 125mL para que funcione como "blanco"
3. En otros dos matraces colocar 35mL de lixiviado (de la muestra problema sumergida en vinagre)
4. A cada uno de los tres matraces, adicionar 3.5g de sacarosa y agitar el contenido de cada matraz hasta que se disuelva
5. Mientras continúa agitando, adicionar rápidamente a la solución que funciona como blanco 1ml de cromato de potasio diluido (0.5M) con ayuda de una micropipeta. Continuar agitando sin detenerse durante 1minuto.
6. Repetir este procedimiento con las dos muestras problema
7. Dejar reposar los tres matraces por lo menos 10 minutos
8. Registra tus observaciones. Una ligera turbidez indicará la presencia de plomo en por lo menos 5ppm (0.0005%) en tu muestra.
9. Colocar cada una de las muestras en una celda espectrofotométrica
10. Calibrar el espectrofotómetro siguiendo las instrucciones del equipo y hacer una curva patrón con las disoluciones incluyendo la muestra que funciona como blanco. Verificar que la longitud de onda del aparato se encuentre en 540nm que es la longitud de onda adecuada para esta determinación.
11. Con la curva patrón obtener la concentración de la muestra problema, relacionando los valores de transmitancia con la concentración de plomo que le corresponde.

### BIBLOGRAFÍA:

- B. Coburn Richardson, Thomas G. Chasteen. *Laboratory manual, Experience the Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*. Second edition John Wiley and Sons, Inc, 1995.
- Secretaría de Salud, Norma Oficial Mexicana NOM-009-SSA1-1993, "Salud ambiental. Cerámica vidriada. Métodos de prueba para la determinación de plomo y cadmio solubles"

## REPORTE DEL EXPERIMENTO:

FECHA: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

### A. MÉTODO GRAVIMÉTRICO

#### 1. Preparación de la muestra

- a) Naturaleza, marca (si tiene) y origen de la muestra \_\_\_\_\_.
- b) Peso de la muestra original \_\_\_\_\_

#### 2. registro de observaciones

- a) Qué sucedió cuando se adicionó la disolución de KI \_\_\_\_\_
- b) Qué observaste cuando adicionaste el  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  \_\_\_\_\_

\* \* \* \* \*

#### 3. Completa esta parte si llevaste a cabo la determinación cuantitativa del plomo:

- a) Peso del tubo limpio y seco \_\_\_\_\_
- b) Peso del tubo limpio y seco + el  $\text{PbI}_2$  \_\_\_\_\_
- c) Peso el  $\text{PbI}_2$  [ yoduro de plomo (II)] \_\_\_\_\_
- d) Peso del plomo en esta cantidad de  $\text{PbI}_2$  \_\_\_\_\_
- e) % de plomo en la muestra original \_\_\_\_\_

\* \* \* \* \*

- 4. ¿Qué puedes decir respecto a la seguridad de tu muestra en el uso para el cual fue propuesto?

### B. MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO

#### 1. Naturaleza de la alfarería vidriada

- a) Descripción general \_\_\_\_\_

b) Lugar de fabricación y fecha de compra\_\_\_\_\_

\* \* \* \* \*

2. Observaciones después de adicionar el cromato de potasio

a) Para la disolución que funciona como blanco\_\_\_\_\_

b) Para la disolución problema (Lixiviado)\_\_\_\_\_

3. Resultados de la cuantificación espectrofotométrica

a) % de transmitancia de la muestra problema

Tubo # 1 = \_\_\_\_\_ % T

Tubo #2 = \_\_\_\_\_ % T

b) Concentración de plomo en las muestras problema en ppm  
( obtenidas mediante la curva de valoración)

Tubo #1 = \_\_\_\_\_ ppm Pb

Tubo # 2 = \_\_\_\_\_ ppm Pb

4. ¿Podría tu muestra pasar los estándares de seguridad establecidos para el plomo por la FDA?

5. Escribe tus comentarios y conclusiones sobre el experimento.



## La espuma que le permitio al hombre llegar a la luna

Blanca Estela Zenteno M.

Con gran estruendo y estallido de llamas los cohetes de la nave se encienden y surcan el cielo hacia el infinito y más allá...

Corría la década de los años cincuenta del siglo XX cuando las dos grandes potencias de ese tiempo, Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas se disputaban la supremacía científica y tecnológica para alcanzar la conquista del espacio.

La guerra fría que imperaba en ese entonces comprometía a las dos naciones a ganar esa carrera porque se tenía la idea de que quien conquistara primero el espacio dominaría al mundo.

El primer gran paso lo dieron los soviéticos al colocar en órbita al Sputnik I, el primer satélite artificial que emitió su señal a todo el planeta. También fue ruso el primer cosmonauta que vio la tierra desde el espacio. Su nombre: Yuri Gagarin;

Pero el primer alunizaje de la historia fue realizado por los estadounidenses el 20 de julio de 1969, doce años después de que el Sputnik I fuera puesto en órbita.

Cuando Neil Armstrong descendió del Apolo XI y colocó un pie en el suelo lunar expresó: "es un pequeño paso para un hombre pero un salto gigantesco para la humanidad".

Y no mintió porque la carrera espacial requirió de grandes avances científicos y tecnológicos en todas las áreas del conocimiento, muchos de las cuales hubiesen sido inimaginables de no haber acontecido la segunda guerra mundial y la posterior guerra fría entre el bloque comunista y el capitalista.

El primer reto al que se enfrentó la ciencia y en particular la astronáutica, fue el de vencer la fuerza de atracción gravitacional, todo ello requirió del entendimiento de las leyes de la física y de numerosos cálculos matemáticos. Sin embargo no fue el único reto. Viajar al espacio interestelar implicó la síntesis de nuevos materiales con la capacidad de soportar las condiciones imperantes en la atmósfera lunar, ya que los tripulantes de la nave se someterían a factores ambientales extremos.

Por fin a mediados del siglo XX se lograron reunir los conocimientos y los medios necesarios para construir aeronaves con las condiciones adecuadas para viajar al espacio. De las investigaciones científicas y tecnológicas en misilística del alemán Hermann Oberth, surgen los primeros cohetes volantes V-2 que después de la Segunda Guerra Mundial, se utilizan para lanzar las primeras aeronaves.

Posteriormente en 1930, el físico matemático Konstantin E. Tsiolkovsky realiza el diseño de un modelo de cohetes de combustible líquido que tiene el mismo fin (impulsar las aeronaves al espacio) y hace los cálculos para lanzar un satélite en órbita terrestre.

### **¿Mientras tanto, qué hacían los químicos?**

Por su parte, los químicos habían iniciado ya el desarrollo de nuevos materiales que pretendían igualar a los sintetizados por la naturaleza. John Wesley Hyatt y Hilaire de Chardonnet comercializaban el celuloide o nitrato de celulosa desde 1887 y en 1909 Leo Baekeland desarrolla lo que sería el primer plástico sintético, la baquelita.

En un inicio los primeros "descubridores" de los polímeros transformaban los materiales naturales al azar, pero cuando su estructura y propiedades fueron develadas, esto fue por Hermann Staudinger en 1920, la creación de nuevos materiales tuvo un gran auge. El poliuretano espumado o hule espuma es utilizado también como

Podría decirse que la década de 1930 es la época de esplendor en el desarrollo de nuevos polímeros sintéticos, con la llegada del policloruro de vinilo (PVC), el poliuretano, el politetrafluoroetileno (Teflón), el nylon y el poliestireno, se inicia una revolución en la industria de aislamientos, embalajes, revestimientos y textiles. Todo ello contribuyó a la selección de estos materiales poliméricos en el diseño y confección de las aeronaves.



En una nave espacial el 25% de los materiales interiores está constituido por poliuretano en sus diversas presentaciones, porque el poliuretano es un polímero compacto y espumado que puede ser flexible, semiflexible, semirígido y rígido.

Éste forma parte de los asientos acojinados de los cosmonautas porque brinda confort así como de las paredes que recubren la astronave, debido a que sus características físicas permiten el aislamiento acústico y térmico de la nave, amortiguando el esfuerzo de encendido y funcionamiento de los cohetes.

material de embalaje para empacar el equipo delicado que se transporta en

el interior de la cápsula y para evitar vibraciones de todo tipo dentro de ella .

En las estaciones orbitales los plásticos son muy utilizados, inclusive forman parte del equipo y vestimenta de los cosmonautas cuando éstos salen de las estaciones o descienden a la superficie lunar.

Los Poliuretanos permitieron la era espacial, gracias a sus propiedades físicas entre las que destacan:

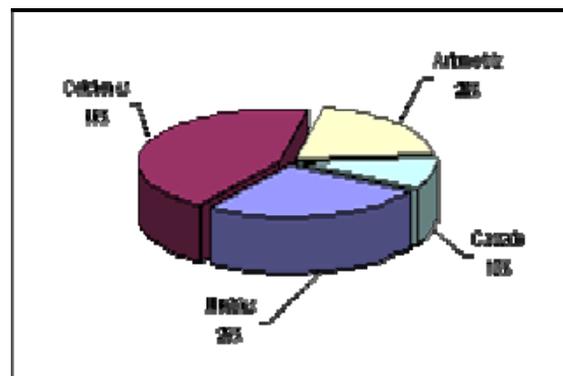
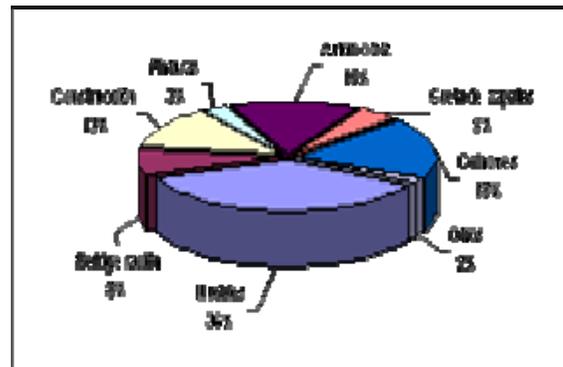
- Elevado poder aislante ya que se pueden utilizar en un elevado margen de temperaturas
- Densidad reducida, es decir son materiales ligeros
- Pueden transformarse de una manera simple y económica
- Resistentes al envejecimiento
- Estabilidad química y biológica
- Pueden moldearse o aplicarse como recubrimiento ya que se adhieren a la mayoría de las superficies.

Actualmente en el hangar de la NASA localizado en Houston Texas, se construye lo que será una residencia para astronautas. El módulo llamado Transhab mide 11.2m de alto y 7.6m de diámetro y será la habitación privada de los astronautas durante el viaje de seis meses que realizarán a Marte. Esta aeronave ha sido fabricada con capas alternantes de fibra de cerámica y espuma de poliuretano, con mylar reflejante en el exterior y kevlar a prueba de balas en

el interior. Todos ellos materiales poliméricos con diversas propiedades y características físicas que hacen del módulo un emparedado tecnológico de 30 cm de grosor, el cual protegerá a sus tripulantes de micro meteoritos, mucho mejor que el metal con el que antes se construían.

Pero el poliuretano también es utilizado como combustible plástico en los cohetes de propulsión química porque se combina con el perclorato de amonio que funciona como oxidante y los dos hacen una mezcla muy reactiva que impulsa las naves hacia el exterior.

Aplicaciones del poliuretano:



## **POLÍMERO VERSÁTIL... SEXY Y SEGURO**

Las propiedades de los poliuretanos pueden modificarse de acuerdo a las necesidades que se presentan, de tal suerte que pueden obtenerse diferentes formas de espuma con la densidad deseada. Esta es una de las razones por la que este polímero tiene aplicaciones tan variadas.

Como espuma se le puede encontrar en la fabricación de colchones, muebles, zapatos, vestidos, colchas, empaques y como aislante de sonido en estudios de grabación, en la fabricación de equipos ortopédicos de rehabilitación, en la industria automotriz, en accesorios para bebé, en alfombras y todo tipo de acojinamiento.

Se dice que la espuma de poliuretano está contribuyendo a resolver los problemas de vivienda en Sudáfrica porque las casas que se recubren con este material no permiten la entrada a los insectos además de aislarlas térmica y acústicamente.

Sin embargo el poliuretano también puede ser sexy y seguro cuando se trabaja como un material gomoso, ya que a partir de éste pueden fabricarse condones que superan en mucho a los de látex. Las pruebas realizadas a los condones de poliuretano indican que son el doble de fuertes que los condones

tradicionales, lo cual permite que sean más delgados y completamente transparentes. Se dice que 8 de cada 10 consumidores los prefieren porque permiten una mayor sensibilidad, porque no producen alergias y porque ofrecen una barrera eficaz contra enfermedades de transmisión sexual (aunque es mejor no arriesgarse).

Las botas para agua y lluvia, las suelas de los zapatos deportivos así como los trajes de baño y medias de licra, se elaboran también con poliuretano gomoso.

Aunque hoy en día son muchas las aplicaciones que se le dan al poliuretano, la historia narra que su descubrimiento más que expectación ocasionó las burlas de la comunidad científica de aquella época.



## UN ERROR AFORTUNADO

La historia cuenta que la espuma de poliuretano es el resultado de “un experimento fallido” que Otto Bayer realizó en 1941. Él quería fabricar una fibra sintética similar al Nylon, que recientemente había sido descubierta en Estados Unidos. Teniendo esto en mente, Otto Bayer comenzó su síntesis utilizando como reactivos isocianato y alcoholes pues ya sabía que éstos reaccionan para formar uretanos. Como resultado de sus experimentos, obtuvo una masa elástica a base de poliéster y diisocianatos, la cual presentaba tantas burbujas que fue devuelta por el Departamento de Control de Calidad con el siguiente comentario: “Utilizables, cuando mucho, para la fabricación de queso gruyere”. Tal burla no desanimó a Otto ni a su equipo, que pronto indagarían la causa de dicha formación de burbujas.

Al parecer, un exceso de diisocianato en presencia de agua, da lugar a la formación de  $\text{CO}_2$ . Una vez que conocieron la causa de la formación de la espuma, procedieron a generarla intencionalmente mediante la adición de pequeñas cantidades de agua y así desarrollaron la tecnología del “poliuretano espumado” que data de 1947.

Así que, las características que hoy en día son atributos de la espuma de poliuretano, un día fueron defectos de fabricación y es que las innovaciones científicas y tecnológicas no siempre son el resultado de una metodología

rigurosa e infalible. En la historia de la ciencia hay bastantes ejemplos de desarrollos tecnocientíficos que se alcanzaron de manera similar. Ésta es una de las razones que llevaron al científico francés Louis Pasteur a expresar lo siguiente: “La casualidad favorece a las mentes entrenadas”

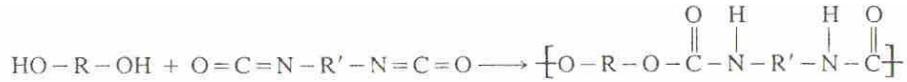
En la actualidad los químicos sintetizan el poliuretano, haciendo reaccionar moléculas de alcoholes con otras que contienen grupos de isocianato. Al interaccionar las moléculas, forman un fuerte enlace químico que las une y se desprende calor.

Cuando en la mezcla de reacción se encuentra presente un líquido (agua), se formarán burbujas de gas en el plástico y lo expandirán mientras se da la polimerización, parecido a lo que le sucede a un pastel en el horno.

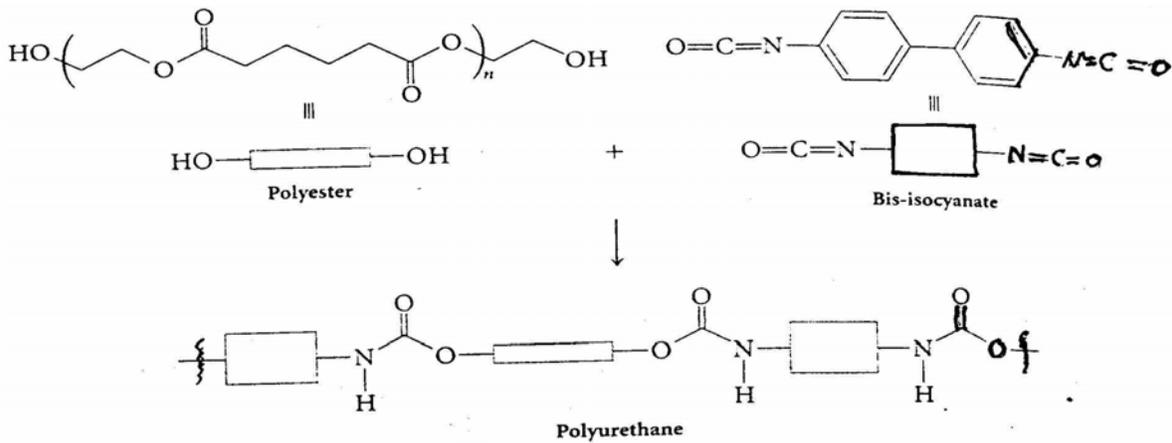
Según las sustancias químicas que se utilicen y el número de burbujas que se formen, el producto final será una espuma flexible, ideal para muebles o una espuma rígida, adecuada para refrigeradores y aislamiento de paredes. Las espumas de poliuretano pueden ser tan ligeras debido a que pueden contener gas hasta en un 95%.

En México es común utilizar una combinación de polioles, diisocianatos, agua, catalizadores, estabilizadores, espumantes y colorantes en la fabricación del hule espuma.

**Ecuación general que representa la síntesis de poliuretano:**



**Ejemplo de una síntesis de poliuretano:**



A pesar de que Otto Bayer consiguió patentar su producto desde 1941, la producción de poliuretano a escala industrial se inicia hasta 1952. En esa época salían de la fábrica de Bayer unas 100 toneladas de productos de poliuretano al año; sin embargo hoy en día, de la planta principal del grupo Bayer salen 200,000 toneladas para abastecer un consumo mundial de poliuretano de 9.2 millones de toneladas anuales. Según cifras citadas durante el "Congreso mundial de poliuretanos" del 2004 en las Vegas.

Hace aproximadamente siete décadas que los inventores del poliuretano soñaban con la versatilidad y las extensas posibilidades de aplicación de su producto, pero en aquel entonces no

se vislumbraba el rotundo éxito que tendría esta innovación tecnológica.

Con el paso del tiempo, los investigadores se dieron cuenta que las innovaciones tecnológicas reditúan ciertas ganancias económicas por lo que dejaron de trabajar de una manera azarosa y dieron prioridad al conocimiento de la estructura molecular de los polímeros.

Actualmente se sintetizan materiales poliméricos prácticamente a la medida. De acuerdo con las necesidades que se presentan en la vida cotidiana. Así, los avances logrados en otras áreas del conocimiento hacen posible la simulación de estructuras moleculares de los nuevos polímeros.

## ¿QUÉ ONDA CON EL RECICLAJE?

En el transcurso del siglo XX la Ciencia de Polímeros se ha desarrollado de tal manera que se han obtenido materiales extraordinarios, sin embargo el desarrollo tecnológico muchas veces trae consecuencias para el medio ambiente. A diferencia de los polímeros naturales, los polímeros sintéticos (en su gran mayoría) no son biodegradables o su degradación por la acción del tiempo y de los microorganismos es demasiado lenta. Se calcula que una bolsa de plástico puede tardar unos 240 años en alterarse, mientras que el tiempo para los pañales desechables y las toallas sanitarias (que no se reciclan) puede ser de 300 años. Para los vasos de unicel se calcula un tiempo de degradación cercano a los 500 años.

De todos los residuos plásticos, el 10% se incinera y puede ser útil en alguna planta de incineración que se encargue de recuperar la energía. Aunque se presenta el inconveniente de una posible emisión de gases tóxicos al medio ambiente.

El procedimiento menos riesgoso es el reciclado, pero esta opción solo se aplica al 1% de los residuos plásticos, frente al 20% del papel o 30% del aluminio. Entre los polímeros reciclables se encuentran: PET (Politereftalato / código 1), PEAD(Polietileno de alta densidad/ código 2), PVC (poli cloruro de vinilo/

código 3), PEBD (Polietileno de baja densidad/ código 4), PP (polipropileno/código 5), PS (Poliestireno/código 6).

En la separación y reciclado de plásticos se aprovechan las distintas propiedades que poseen los polímeros como por ejemplo la densidad o la solubilidad en disolventes orgánicos. Los plásticos termo fijos que no se reblandecen con el calor, se reducen a polvo y son utilizados como material de relleno en construcción. Los materiales termoplásticos pueden fundirse y volverse a moldear para obtener otros objetos.

Por lo que se refiere al poliuretano este se "recicla" de varias formas

- Aglomerado y prensado: En este proceso se tritura y pulveriza la espuma, se trata con un aglomerante y se prensa bajo la acción de presión y calor para formar paneles de alta calidad.
- recuperación de espuma triturada: la espuma rígida se pulveriza y se añade a uno de los componentes de las materias primas para la fabricación de nuevos materiales de poliuretano. A este polvo también se le utiliza comercialmente como agente aglutinante de aceite.
- Glicólisis: La glicólisis es la licuefacción del poliuretano por la acción de glicoles. Los polioles así obtenidos pueden sustituir parcialmente a los polioles originales.

- Recuperación de energía por incineración: La espuma de poliuretano puede ser incinerada y utilizada como combustible alternativo, en fábricas de cemento o como agentes reductores para el mineral de hierro en los altos hornos.

Por otro lado, los investigadores están desarrollando un tipo de polímeros denominados: biodegradables, como una alternativa viable a este problema de contaminación. Como ejemplos se tiene a los polihidroxialcanoatos (PHA) y a los poli lactatos (PLA). Se ha encontrado que los biopolímeros presentan varias ventajas respecto a los materiales tradicionales, entre las cuales se encuentra su impacto ambiental frente a los polímeros petroquímicos, el bajo consumo energético involucrado en su producción, su status de recurso renovable, su potencial para añadir valor agregado a subproductos de otras industrias y su biodegradabilidad. Sus aplicaciones en la vida práctica son numerosas y variadas, empleándose como materiales médicos, empaques, aditivos para alimentos, plásticos industriales, así como para el tratamiento de aguas, entre muchos otros.

1. ¿Por qué es importante el conocimiento científico y tecnológico?
2. ¿Cómo influye la sociedad en los desarrollos científicos y tecnológicos?
3. ¿Qué requirió el hombre para llegar a la luna?
4. ¿Qué son y cómo son los científicos?
5. Después de conocer la historia de la síntesis del poliuretano, ¿cómo describirías la metodología de trabajo seguida por Otto Bayer?
6. ¿Qué crees que hubiese sucedido si Bayer y su equipo desechan sus resultados por considerarlos un experimento fallido?
7. ¿En qué se parece y en qué es diferente lo que hiciste con tu producto a lo que hizo Bayer y su equipo?
8. ¿Qué tienen los polímeros sintéticos que no pueden igualar los polímeros naturales?
9. ¿Por qué la producción mundial de polímeros continúa siendo tan grande a pesar de los problemas de contaminación ambiental?
10. ¿La ciencia podría plantear alternativas al respecto? ¿Cómo? ¿Cuáles?
11. ¿Qué medidas puedes tomar como consumidor, para remediar el problema de contaminación por polímeros?

## CUESTIONARIO GUÍA:

A continuación se propone una actividad experimental diseñada durante el curso Didáctica de la Química. Se recomienda que dicha actividad experimental se realice antes de efectuar la presente lectura.

### **ACTIVIDAD EXPERIMENTAL COMPLEMENTARIA**

#### **LA CURIOSIDAD NO SIEMPRE MATA AL GATO**

Esta actividad se pretende dirigir como una pequeña investigación en la que a partir de la síntesis “accidental” de un material, se proponga alguna manera efectiva para comercializarlo, con la respectiva investigación sobre propiedades y usos vinculada al análisis de la estructura química del material.

Tiempo aproximado de realización: 2 sesiones de 2 horas (incluyendo la lectura).

#### **OBJETIVO GENERAL**

Que el estudiante realice una reacción de polimerización por adición, que analice usos del poliuretano para intentar relacionarlos con su estructura y que reflexione en lo que implica colocar en el mercado un nuevo producto.

#### ✓ Actividad 1/SESIÓN 1

*Escenario 1:* Casimiro visitaba la empresa donde trabaja su tío (fabrica plásticos) cuando, curioseando por el almacén se le ocurrió mezclar dos líquidos que estaban etiquetados como A y B. En unos cuantos minutos comenzó a aparecer algo que lo dejó perplejo, y antes que lo cacharan, salió corriendo de ahí. ¿Qué sería lo que vio? Te invitamos a descubrirlo.

#### **MATERIALES Y SUSTANCIAS:**

10 mL del líquido A  
10 mL del líquido B  
Hojas de papel periódico  
Navaja  
Lupa

**Un recipiente desechable (moldes para pastelillos, latas de refresco, vasos de unicel, conos para helados, etc.)**

2 cucharas de plástico (soperas)  
Varilla de vidrio

#### ⚠ CUIDADO

Considera que las sustancias que ocuparás son tóxicas, así que evita el contacto con la piel y la inhalación directa. Utiliza el equipo de seguridad personal necesario.

En equipo, realiza lo siguiente:

1. Coloca hojas de papel periódico sobre el área en que vayas a trabajar, como protección en caso de derrames.
2. Coloca 2 cucharadas (aprox 10mL) del líquido A en un recipiente. Si lo deseas, puedes agregarle un poco de colorante para alimentos.
3. A continuación, agrega 2 cucharadas (aprox 10mL) del líquido B y revuelve bien la mezcla. Observa y registra en tu cuaderno qué cambios suceden.
4. Analiza su consistencia y registra tus observaciones.

De acuerdo a los resultados observados, responde lo siguiente:

¿Qué sucedió con las dos sustancias que agregaste en el recipiente?

¿A qué crees que se deban las características del producto obtenido?

## ■ DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Si hay sobrantes de los líquidos A y B, colocarlos en un frasco color ámbar debidamente etiquetado.

Reunir los residuos del producto obtenido en una bolsa para desecharlos en la basura.

✓ Actividad 2

*Escenario 2:* A diferencia de Casimiro, tú le encuentras grandes oportunidades de comercialización al material que obtuviste, y en lugar de echarle a correr, decides formar una pequeña empresa (aceptando el jugoso apoyo financiero que te ofrece el presidente Fox). ¿Qué datos necesitarías conocer para comercializar y colocar en el mercado tu producto? ¿Qué estrategia ocuparías para venderlo?. Preguntas como las siguientes pueden orientarte:

¿Qué puedes decir respecto a las características de este material?

De acuerdo con la respuesta anterior,

¿Qué usos podrías darle a tu producto?

¿Qué diría la propaganda diseñada para venderlo?

¿Qué nombre le pondrías?

¿A quién se lo ofrecerías?

¿Qué ventajas puede tener tu producto respecto a otros similares?

¿Su consumo dañaría el medio ambiente?

NOTA: entregar un formato de respuesta, para la puesta en común de las propuestas grupales. Pedir que un integrante de cada equipo lea al resto del grupo su propuesta. Si no surge la pregunta de qué es lo que obtuvieron y a partir de qué, hacerlo notar y explicar en qué consiste la reacción de síntesis del poliuretano (escribir la ecuación química).

TAREA: Investigación acerca de qué es una espuma; estructura química, propiedades.

Coordinar una exposición de carteles para comunicar y discutir los resultados de esta actividad.

## ✓ SESIÓN 2

Como actividad de cierre, realizar la lectura del artículo: "La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna" y responder cuestionario guía.

## **4.2 APLICACIÓN Y EVALUACIÓN**

Las secuencias didácticas fueron aplicadas en los grupos de química III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades durante la actividad práctica docente de la MADEMS.

Los cursos de química del Colegio tienen una matrícula aproximada de 30 alumnos por grupo y éstos se imparten en aulas-laboratorio por lo que permanentemente se dispone de equipo, reactivos y materiales. En cuanto a la edad de los estudiantes, ésta oscila entre los 17 y 20 años porque son alumnos de quinto y sexto semestre.

La secuencia de enseñanza–aprendizaje se introdujo respetando el tiempo y la secuenciación de los contenidos temáticos del programa. Antes de su aplicación, los estudiantes respondieron un cuestionario diagnóstico que tenía la finalidad de explorar sus ideas previas respecto a los temas tratados en las secuencias.

Posteriormente los cuestionarios aplicados fueron analizados cualitativa e ideográficamente. Cabe aclarar que los términos ideográfico y nomotético fueron introducidos por Windelban (Windelban, 1894. Citado en Von Wright 1979).<sup>\*</sup> El término ideográfico fue designado para calificar el estudio descriptivo de lo individual. En los estudios ideográficos el entendimiento de los estudiantes sobre algún fenómeno, evento o concepto se prueba, se estudia y se analiza desde sus propios términos como en varios estudios antropológicos en los que se estudia a otras culturas. Cuando se efectúa un análisis ideográfico se valoran las explicaciones de los casos individuales con la intención de descubrir características comunes en un grupo.

En contraste, en los estudios nomotéticos el conocimiento de los alumnos es evaluado conforme a una base de conocimientos estandarizados (conocimiento

---

<sup>\*</sup> La información al respecto se extrajo de la dirección electrónica llamada: Filosófico/nomotético e ideográfico, el 22 de octubre de 2004. En la URL <http://www.diariogratis.com/post/16/8476>, consultada por última vez el 20/2/2006

científico aceptado), en este caso el entendimiento de los alumnos se valora al comparar sus respuestas con el pensamiento científico actual (Wanderse-Mintzes, Novak). En este sentido el término nomotético se emplea para calificar estudios o ciencias que persiguen leyes.

Por lo que respecta a la secuencia aplicada en la asignatura de química III ***“Contaminación por metales, una llamada de alerta”*** se introdujo en tres sesiones, en la primera se trabajó con una lectura la cual contiene información sobre la importancia biológica de los metales y los problemas asociados a la contaminación con metales pesados. Esta lectura también plantea un caso sobre contaminación de alimentos por plomo (el cual fue noticia en nuestro país en el año 2004). En la segunda sesión se entabló un debate “tipo socio drama” donde se pretende dar respuesta al problema que se vive en la ciudad de Torreón, Coahuila con la fundidora peñoles. Finalmente en la tercera sesión, después de realizar una investigación bibliográfica, se realiza la actividad experimental que tiene como propósito identificar la presencia de plomo en diversos productos (pinturas, cerámica, dulces).

La aplicación de la secuencia para los cursos de química IV: ***“La espuma que le permitió al hombre llegar a la luna”***, se realizó en tres sesiones, de acuerdo con el orden que tienen los contenidos dentro del programa. En las primeras dos sesiones se realiza la actividad experimental que plantea una pequeña investigación en la que a partir de la síntesis “accidental” de un material, los alumnos se dan a la tarea de proponer alguna estrategia efectiva para comercializarlo, con la respectiva investigación sobre propiedades y usos vinculada al análisis de la estructura química del material.

Posteriormente en la tercera sesión se trabaja con la lectura para discutir y reflexionar sobre algunos aspectos relacionados con el trabajo científico, las innovaciones tecnológicas y su influencia en la sociedad.

La evaluación del impacto causado por la introducción de las secuencias en el curso se realizó de dos formas:

- Mediante la aplicación de cuestionarios antes y después de poner en práctica la secuencia. Para este caso en particular, la evaluación que se realizó fue una evaluación interna porque la comparación de los resultados se hizo para un mismo grupo de alumnos. Como se ha mencionado con anterioridad, el objetivo de la evaluación interna es determinar la eficacia de la secuencia de enseñanza-aprendizaje con relación a un estado inicial.
  
- A través de la observación y el análisis del proceso de enseñanza – aprendizaje. Para ello se video grabaron cada una de las clases en las que se aplicaron las secuencias y se realizó un análisis posterior de los videos. En este análisis se observa tanto el interés y la participación mostrado por los alumnos en cada una de las actividades planteadas, como el trabajo realizado por ellos en cada sesión. Aquí se incluye el registro y análisis de los comentarios, opiniones y respuestas vertidas durante la clase.