



**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 en la segunda unidad del curso de Química II del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
M A E S T R O E N D O C E N C I A
P A R A L A E D U C A C I O N
M E D I A S U P E R I O R
(Q U Í M I C A)**

P R E S E N T A :

CÉSAR ROBLES HARO

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO



2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos

Reconocer el apoyo emocional, material, intelectual, y de otro tipo que nos han brindado amigos, compañeros, y seres queridos, resulta una tarea infame, pues por una u otra razón acaban faltando personas cuyo apoyo fue necesario para llevar una empresa a término. Pero aún conociendo el riesgo que se corre es justo reconocer el apoyo que se ha recibido. Sean pues los presentes un testimonio de gratitud y deuda

A ustedes padres míos, María del Carmen y José Santos, por su ejemplo de superación y trabajo del que han dado testimonio vivo cada día. Por sus oídos que recibieron más de una vez mis palabras de abandono y que transformaron en palabras de aliento que me dieron nuevos bríos, cuando ya mis fuerzas decaían.

A mis Olímpicos Guillermo, Beth, Oli, Metzli, Adriana y más que escapan a mi memoria, quienes fueron en principio la causa para embarcarme en este viaje.

A mis amigos que en los hechos me han demostrado lo que con palabras han dicho, y especialmente a Manuel, a quien debo el estar en la aventura de la docencia, a Ray y Alfredo por su apoyo en los momentos complicados, a Rogelio que me ha enseñado a mejorar mi trabajo en el aula y a Mariano y Silbia; esenciales para poder llevar a cabo esta tesis. Mención especial merecen todos mis compañeros de MADAMS, Paty, Francisco, Guillermo, Consuelo y Sonia. Por ahora nos dejamos, pero pronto nos veremos.

A mis maestros de la MADAMS, quienes me han ayudado a quitarme un poco el velo de la ignorancia, y muy especialmente al Maestro José Manuel Méndez Stivalet, por su calidad humana y su sentido del humor.

Al Doctor Andoni Garritz pues sin ayuda es muy probable que no hubiera podido llegar tan lejos y a la maestra Patricia Vargas, por su ayuda para poder salir del mar de entuertos en el que me metí.

Al final, pero no al último, al Doctor José Antonio Chamizo Guerrero, de quien es un orgullo ser alumno y a quien debo agradecer el tener lentes nuevos para ver el mundo. Ojalá y en los hechos, con el trabajo diario con los jóvenes, pueda corresponder a la gentileza que ha tenido al haber dirigido mi tesis.

Un problema es un problema si tiene solución, si no, no es un problema. Si tiene solución, no hay que preocuparse, hay que ocuparse. Si no tiene solución ¿para qué preocuparse?

Proverbio Chino

"Si el conocimiento puede crear problemas, no es a través de la ignorancia que los resolveremos."

Isaac Asimov

"La cooperación no es ausencia de conflictos, sino el medio para resolver el conflicto."

Deborah Tannen

"La formulación de un problema es más importante que su solución. Se requieren nuevas formas de pensar para resolver los problemas creados por las viejas formas de pensar."

Albert Einstein

"Son los problemas sin resolver, no los resueltos, los que mantienen activa la mente."

Erwin Guido Kolbenheyer

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Jorge Barojas Weber

Secretario: Mtra. Glinda Irazoque Palazuelos

Vocal: Dr. Miguel Monroy Farías

1^{er}. Suplente: Dr. Plinio Sosa Fernández

2^{do}. Suplente: Dr. Adrián Alejandro Martínez González

Lugar donde se realizó la tesis:

Facultad de Química, UNAM. México Distrito Federal

TUTOR DE TESIS:

José Antonio Chamizo Guerrero

FIRMA

Índice

Tema	Página
Introducción	1
Objetivos	3
1 Marco Teórico	4
1.1 Investigaciones sobre el aprendizaje	6
1.2 Propuestas de mejora	9
1.3 Influencia en el currículo	9
1.4 Los problemas y la solución de problemas	12
1.4.1 Los problemas como un asunto de familiaridad	13
1.4.2 El umbral de problematicidad	14
1.4.3 La memoria de trabajo y la memoria de largo plazo como limitantes en la solución de un problema	14
1.4.4 La resolución de los problemas	15
1.5 Los problemas en la ciencia	21
1.5.1 Los problemas actuales y la naturaleza de la ciencia	22
1.5.2 La percepción de la ciencia en México	24
1.5.3 Los mitos acerca de la ciencia	25
1.5.4 Propuestas para enseñar la naturaleza de la ciencia	29
1.5.5 La evaluación del conocimiento de la naturaleza de la ciencia	30
1.6 Los problemas como herramientas para aprender	31
1.6.1 El papel de los problemas en la enseñanza de las ciencias	32
1.7 La propuesta de Toulmin	32
1.8 Los ejercicios y los problemas y la transformación de los ejercicios en problemas	34
1.9 Los problemas para aprender y la ciencia escolar	36
1.10 El papel de las preguntas en el aprendizaje basado en la solución de problemas	36
1.11 Instrumentos auxiliares en la solución de problemas	39
1.12 El aprendizaje basado en la solución de problemas	41
1.12.1 Estrategias para promover el aprendizaje basado en la solución de problemas	44
1.12.2 La cooperación en la solución de problemas	45
1.13 Modelo de intervención didáctica de aprendizaje basado en problemas	47
2 La investigación	51
2.1 Marco situacional: las características del CCH de la UNAM	51
2.2 Problemas de investigación	52
2.3 Método	53
2.3.1 Diseño experimental	53
2.3.2 Participantes	53
2.3.2.1 Docentes	53
2.3.2.2 Alumnos	54
2.3.3 Materiales	55

Índice

Tema	Página
2.3.4 Instrumentos	55
2.3.4.1 Cuestionario de Química	55
2.3.4.2 Cuestionario de naturaleza de la ciencia	56
2.3.4.3 Diagramas heurísticos	56
2.3.4.4 Cuestionario de asociación de palabras	56
2.3.4.5 Mapas conceptuales	57
2.3.5 Evaluación y análisis de resultados	57
2.3.5.1 Cuestionario de química	57
2.3.5.2 Naturaleza de la ciencia	57
2.3.5.3 Preguntas formuladas por los alumnos tras la lectura de los artículos	58
2.3.5.4 Diagramas heurísticos	58
2.3.5.5 Cuestionario de asociación de palabras	59
2.3.5.6 Mapas conceptuales	59
2.3.6 Fases de la investigación	59
2.3.6.1 Actividades efectuadas durante las practicas docentes I y II	59
2.3.6.2 Intervención didáctica ABP	60
3 Resultados	62
Primera parte Comparación entre grupos	
3.1 Conocimientos de Química	62
3.2 Conocimientos de Naturaleza de la ciencia	63
Segunda parte: intervención ABP	
3.3 Preguntas de los alumnos	66
3.4 Evaluación de los diagramas heurísticos de los alumnos	68
3.5 Resultados de los cuestionarios de asociación de palabras	68
3.6 Evaluación de los mapas conceptuales construidos por los alumnos	69
Cuadros resumen de resultados	71
4 Análisis de resultados	
Primera parte: Comparación entre grupos	
4.1 Cuestionario de Química	73
4.2 Naturaleza de la ciencia	74
Segunda parte: Aprendizaje basado en la solución de problemas	
4.3 Análisis de las preguntas formuladas por los alumnos	77
4.4 Evaluación de los Diagramas heurísticos de los alumnos	77
4.5 Cuestionario de asociación de palabras	78
4.6 Mapas conceptuales construidos por los alumnos	79
5 Conclusiones	80
Implicaciones para la docencia	82
Reflexiones Finales	83
Referencias	85

Índice

Anexos

Anexo A Materiales: Artículos proporcionados a los alumnos

Anexo B Cuestionario de conocimientos de Química

Anexo C Cuestionario de naturaleza de la ciencia

Anexo D Diagrama heurístico y rúbrica de evaluación

Anexo E Cuestionario de asociación de palabras

Anexo F Mapas conceptuales y rúbrica de evaluación

Anexo G Ejemplos de cuestionarios de asociación de palabras y de los mapas conceptuales
construidos por los alumnos

Anexo H Diagramas heurísticos finales de los equipos

Anexo I Diagramas heurísticos obtenidos como resultado de la investigación

Introducción

En todo el mundo se han venido dando profundos cambios en la manera de considerar la forma en la que se enseña (Demaría, 2003; Caamaño, 2001). En lugar de pensar que la enseñanza es algo que se hace sobre los estudiantes (Campanario, 1999) se busca ahora que sean los propios alumnos los que sean los arquitectos de su aprendizaje. México no se escapa a esta tendencia, los resultados obtenidos del desempeño de los estudiantes en pruebas nacionales e internacionales; como es el caso de la evaluación del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA por sus siglas en inglés) de 2003 muestran que los estudiantes no están logrando aprender. Por ejemplo, los estudiantes mexicanos tuvieron una puntuación muy inferior a la media en matemáticas (500 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos –OECD por sus siglas en inglés- vs 385 México), lectura (494 OECD vs 400 México), ciencias (500 OECD vs 405 México) (PISA (a), 2004) y resolución de problemas (500 OECD vs 384 México) (PISA (b), 2004).

En el caso de la enseñanza de las ciencias persisten diversos problemas como son: poca comprensión de los conceptos científicos, una visión deformada de la ciencia y la investigación científica, escaso desarrollo de las habilidades del pensamiento científico, falta de vinculación del aprendizaje con su utilidad, reforzamiento en los alumnos de estrategias de memorización, escaso desarrollo de habilidades relacionadas con la recolección y procesamiento de la información y limitada promoción de actitudes hacia el cuidado y la conservación del ambiente (SEP, 2006).

Se buscan cambios que permitan resolver estos problemas, por lo que la reforma educativa en la enseñanza de ciencias en la educación secundaria en México plantea:

“...un enfoque centrado en reconocer los saberes y las experiencias previas de los estudiantes, en propiciar la reflexión y la comprensión, el trabajo en equipo y el fortalecimiento de actitudes para la convivencia democrática y para la participación, y de manera relevante, en desarrollar capacidades y competencias”.

SEP, 2006. pp. 5-6

En el documento que da cuenta de la reforma educativa en el nivel básico en México (SEP, 2006) se apuntan a señalar como causas del fracaso escolar los excesivos contenidos, la atomización de los mismos y la falta de motivación en los alumnos para aprender; es interesante que en el caso de la química esto no sólo ocurre en México, también ocurre en países desarrollados como Holanda o países más cercanos a nosotros como Argentina (Galagovsky, 2005).

Se requiere desarrollar en los alumnos competencias para saber, hacer y ser, hacer de la escuela un espacio que permita el desarrollo de la creatividad. También se acepta que el futuro ciudadano debe tener una “formación científica básica que le permita comprender mejor su entorno para relacionarse de manera responsable con él (SEP, 2006 p. 9)”.

Considerando los resultados que obtuvo México en la evaluación PISA de 2003; y puesto que el bachillerato es la transición de la educación básica a la formación profesional -y que para muchos de los estudiantes también serán los estudios en este nivel los últimos que cursen, lo que en principio indicaría que no cambiarían su forma de aprender al no haber tenido el suficiente contacto con otra forma de hacer las cosas- es necesario pensar en qué podemos hacer los docentes para ayudar a resolver estos problemas, en particular en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM que recoge los

principios de aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser, como sus paradigmas pedagógicos (CCH, 2003).

La historia y la filosofía de las ciencias han aportado algunas pistas de cómo pueden plantearse alternativas pedagógicas que puedan superar los problemas enunciados, particularmente las investigaciones de la psicología educativa han provocado un cambio del paradigma de la enseñanza por transmisión, que reproduce muchos de los problemas identificados (Campanario, 1999) al paradigma de la construcción del conocimiento (Piaget, 1964).

Las investigaciones sobre las ideas previas de los estudiantes (Wandersee, 1994; Kind, 2004), indican que el sujeto que aprende no es ajeno en absoluto a lo que se le enseña, y que este conocimiento debe ser la base de la cual se debe partir para que se logre un aprendizaje efectivo; más aún, el conocimiento no es estático, sino que cambia (Posner *et al*, 1982; Chi *et al* 1981; Chi *et al* 1994), y en cierta forma la manera en que cambia imita (¿o reproduce?) la forma en la cual se crea el conocimiento en las ciencias; sin embargo pareciera ser que estos esfuerzos no logran cristalizar en la práctica educativa diaria.

Una cosa es cierta: no podemos seguir pensando en los maestros como los dueños del saber, aunque esto último provoque más zozobras que certezas en los encargados de educar a los jóvenes (Chamizo, 2000). Las formas de enseñar no pueden ser las mismas que en los siglos anteriores. Ahora la información está en todos lados, no sólo en las bibliotecas; y siempre es posible -al menos en las ciudades- el acceder literalmente a todas las bibliotecas del mundo con sólo acceder a una computadora.

De las necesidades para el mundo del futuro (que ya está aquí), hay un acuerdo en el sentido de que la educación debe permitirle al estudiante desarrollar las habilidades que caracterizan al quehacer de los científicos (NRC, 1996; PISA (a) 2004), entre éstas se encuentran: formularse preguntas y explicaciones, poner a prueba estas explicaciones, usar las herramientas y técnicas apropiadas para reunir datos, procesarlos e interpretarlos, pensar crítica y lógicamente acerca de las relaciones entre la evidencia y las explicaciones, construir y analizar explicaciones alternativas y comunicar sus argumentos con otros, **y resolver problemas creativamente**, en entornos multidisciplinarios y de alta cooperación.

Si nos apegamos a la idea de que al enfrentar y resolver problemas los seres humanos construimos y ampliamos nuestro conocimiento, entonces una forma de estructurar una propuesta didáctica que permita a los alumnos aprender puede ser precisamente la solución de problemas. Ya muchos centros de estudio a lo largo del mundo han trabajado con el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Font-Rivas, 2004), y aunque pueden existir diferencias entre las investigaciones que se han efectuado sobre esta propuesta pedagógica (Albanese, 1993; Albanese, 2000; Colliver, 2000; Norman, 2000) los resultados que el ABP no dan por sentado que el ABP no sea al menos tan útil como otras metodologías tradicionales.

El presente trabajo propone el uso del ABP como un recurso didáctico que promueva el aprendizaje de los alumnos de la materia de química en el CCH, definiendo lo que es un problema para aprender considerando la propuesta de definición y caracterización de un problema científico que hace Stephen Toulmin y su adaptación al contexto escolar por Chamizo e Izquierdo (Chamizo, 2007; Chamizo (a), 2005; Izquierdo (c), 2005, González, 2005).

Objetivos

Los hombres y mujeres de la sociedad moderna deben poder aprender de manera autónoma (CCH, 2003), trabajar de manera colaborativa (Garriz, 2005) y estar alfabetizados científicamente (Sabariago, 2006) reconociendo las características de la naturaleza de la ciencia (SEP, 2006); una manera de contribuir a que los alumnos adquieran estas capacidades puede ser mediante el modelo didáctico de aprendizaje basado en problemas (ABP). Para poder aplicar este modelo requiere de clarificar qué se entiende por problema pues a menudo hay confusión en los significados del término (Padrón, 1996; Helgeson, 1994; Heyworth, 1989). Los problemas para aprender pueden plantearse “desde afuera” (por el docente), pero es posible que haya un mayor compromiso y motivación si son los propios estudiantes quienes los planteen (Savery, 1995; Córdova, 2007).

El CCH ha considerado en sus programa de estudios que es necesario contextualizar la enseñanza en relación con las vivencias de los estudiantes, como es el caso de la asignatura de química (CCH, 2003). En el caso de la asignatura de Química II, algunos de los contenidos disciplinarios se presentan a los alumnos en el contexto de la alimentación y los alimentos. Por ello, en esta investigación se propone una intervención didáctica de aprendizaje basado en problemas (ABP) que en el marco del programa de la asignatura de Química II promueva en los alumnos el aprendizaje de los conceptos de la disciplina a través de problemas que estén relacionados con los alimentos y la alimentación. Las preguntas de investigación que guiarán el presente trabajo son las siguientes:

¿De que manera puede efectuarse una intervención didáctica de aprendizaje basado en problemas para que los alumnos aprendan conceptos de química relacionadas con los alimentos a través de un modelo de aprendizaje basado en problemas?

¿Cómo influye el ABP con el modelo de problema de Toulmin en el aprendizaje de la química con respecto a otros modelos de docencia?

¿En que medida influye en los alumnos el ABP para construir una idea de naturaleza de la ciencia más acorde con el trabajo científico?

Cualitativamente, ¿El aprendizaje basado en problemas es más o menos ventajoso en el aprendizaje de conceptos de química y en el conocimiento de la naturaleza de la ciencia que otros modelos de docencia?

Se reconoce que una parte importante del aprendizaje ocurre cuando hay preguntas que permitan reflexionar sobre los contenidos y que las respuestas a estas preguntas permiten que el alumno desarrolle metodologías de solución, y que involucre la consulta de diversos materiales procedentes de diferentes fuentes, por ello nos interesa saber:

¿Cómo son las preguntas de los alumnos en el ABP?

¿Qué metodologías utilizan los alumnos en el ABP?

¿Qué fuentes de información utilizan los alumnos durante la solución de sus problemas en el ABP?

1. Marco Teórico

Las características de la escuela moderna y la manera en la cual se les enseña a los alumnos se desarrollaron fundamentalmente entre 1500 y 1650, en esta época la mayor parte de las escuelas comenzaron a emplear un conjunto de estrategias como la agrupación de niños por edades o por capacidades; la organización del currículo por asignaturas; los programas anuales estructurados en secuencias y la promoción de grados con base en la demostración de los logros obtenidos. Los alumnos iban aumentando de grado según transcurriera su estancia en la escuela desde los 5 o 6 años hasta los 17 o 18 (Sancho, 2006).

Este modelo, denominado tradicional, se centra fundamentalmente en el maestro, quien es el responsable de enseñar, enfatizando la adquisición de contenidos –es necesario que el alumno sepa mucho y de todo- con el objetivo de que los estudiantes aprendan datos, cifras y hechos, como si fueran enciclopedias, prácticamente no ha cambiado hasta el día de hoy. El alumno recibe en este formato educativo todo lo que tiene que aprender del maestro, quien guía la clase mediante lecturas, dictados y ejercicios. Sin embargo este modelo tiene problemas de coherencia y claridad frente a los procesos educativos y poca relación con el contexto, a la vez es excluyente y controlador, y funciona más como un freno que como un aliciente para aprender (Euscátegui, 2005).

Ante este modelo en el que los currículos se van estructurando en la educación secundaria y el bachillerato en torno a la disciplina (Pozo, 1996), las necesidades, inquietudes e intereses de los alumnos van quedando en segundo plano de tal manera que la escuela no es el lugar donde es apasionante aprender (PISA (a), 2004). En el caso de la enseñanza de las ciencias esto es preocupante en tanto la cantidad de alumnos que ingresan a estudiar disciplinas científico tecnológicas se ha reducido (Chamizo, 1994 en Chamizo, 2000; Galagovsky, 2005) y en la baja eficiencia de egreso en el bachillerato (43 % para la educación profesional técnica y 57 % para el bachillerato general y tecnológico, en el ciclo 1996-1997) además de la deserción que alcanza al 27 % para la educación profesional técnica y 17 % en el bachillerato general y tecnológico (Garritz, 2001)

La situación de los maestros también se encuentra en conflicto. En el caso específico de México, muchos de los docentes en secundaria y bachillerato son profesionales de carreras que tienen alguna relación con las disciplinas que enseñan -aunque esto no sea garantía de un conocimiento cabal de la materia que imparten- y a menudo no tienen ninguna formación pedagógica, enseñan como han aprendido de sus profesores (Chamizo, 2000).

Este caso no es exclusivo de México, en el caso de España los docentes encargados de la educación secundaria y universitaria a menudo no tienen ninguna formación pedagógica, ésta se adquiere por prueba y error y con algunos cursillos de especialización (Mellado, 2003; Freitas, 2004). En los estudios en las universidades se da por hecho que enseñar es algo fácil, si se conoce lo que se quiere enseñar y se tienen ciertas habilidades innatas de liderazgo y dominio del grupo (Gil, 1991; Perales citado en Mellado, 2003).

Para complicar aún más las cosas, si antes el maestro era la máxima autoridad, quien sabía todo; ahora, en la Era de la información, su trabajo podría parecer obsoleto y prescindible, pues la información ya no es potestad del maestro, ahora se puede conocer de todo en cualquier lado con tan sólo tener una computadora y una conexión a la Internet (Bindé, 2000). No se puede pensar en el maestro como una autoridad siquiera en su materia pues no es siquiera capaz de estar al día; tan sólo en química, el ponerse al día leyendo resúmenes de artículos de investigación es imposible en virtud de la ingente producción científica (Chamizo (b), 2005).

Los resultados obtenidos por los alumnos de bachillerato medidos a través de la prueba denominada Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI II) aplicada por el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL) en el año 2002, muestran que los estudiantes egresados de bachillerato obtienen en promedio 936 puntos para una escala del examen que va de los 700 a los 1300 puntos, siendo la entidad federativa con más bajo puntaje el estado de Guerrero con 900 puntos y la que tiene mayor puntaje el Distrito Federal con 978 puntos; haciendo la aclaración de que de la cantidad de alumnos evaluados, la del Distrito Federal es menos del 20% de la población que egresa de los diferentes sistemas de bachillerato en esa entidad.

Cuando se comparan los resultados obtenidos por las escuelas públicas y privadas, la diferencia favorece a las escuelas privadas por más de 30 puntos de la escala en el caso del Distrito Federal (escuelas privadas 987 puntos escuelas públicas 950 puntos, con el 70 % de la población de escuelas privadas evaluadas). Estos resultados aunque no pueden ser interpretados de manera concluyente debido a las aportaciones a la muestra de los dos tipos de educación pública y privada, parecieran indicar un mejor desempeño en los egresados de escuelas privadas que en aquellos que cursaron sus estudios en una escuela pública (CENEVAL, 2003).

Dejando de lado las diferencias entre las escuelas públicas y privadas, lo que es importante resaltar es que la calificación promedio de los estudiantes egresados de bachillerato alcanza una calificación de 7.2 en una escala de diez puntos como valor máximo.

Sin embargo, la participación de México en la evaluación PISA de la OCDE muestran las limitaciones del sistema educativo mexicano en el nivel básico comparado con otros países participantes en la prueba. Los resultados de la evaluación hecha a los estudiantes de México en matemáticas el año 2003 lo ubicaron en el lugar 37 de 40 países con 385 puntos en la prueba, ubicando al 60% de la población evaluada por debajo del nivel 2 (reconocer patrones geométricos, crear y usar imágenes mentales de un objeto bi y tridimensionales, y aplicar operaciones matemáticas simples para resolver problemas en arreglos geométricos entre otras habilidades) que supone serias limitaciones en el uso de matemáticas en la vida adulta. En cuanto a las habilidades de lectura ocupó el lugar 38 con 400 puntos en la prueba en 2003, ¡pero en 2000 había tenido un registro de 420!

En ciencias, México ocupó el lugar 37 con 405 puntos (en 2000 tuvo 425 puntos) (PISA (a), 2004) y en solución de problemas obtuvo una puntuación de 384 puntos ubicándose en el lugar 37 de 40 países evaluados. Dentro de las escalas de la prueba, el 60% de los estudiantes que constituyen la muestra correspondiente a México no es capaz de resolver problemas clasificados como de nivel 1, en el que se contempla el resolver problemas bien estructurados con datos explícitos, y extraer información de tablas que les permita construir una gráfica (PISA (b), 2004).

Es difícil suponer que estos resultados sean representativos de todo el sistema escolar; sin embargo, los resultados de los egresados de los distintos bachilleratos de México (UNAM, 2003) hacen pensar que las prácticas educativas tradicionales siguen dominando el panorama escolar, por ello no es improbable suponer que persistan las deficiencias que se han enunciado en la escolaridad básica.

Estos resultados no son exclusivos de México, de hecho países como Rusia, Estados Unidos, Italia y España, aunque lo hacen relativamente mejor que México, muestran serias deficiencias en matemáticas; Rusia, Italia y España tienen problemas en lectura también; y en ciencias se presentan los mismos problemas que en matemáticas con un desempeño inferior a la media de la OECD en 20 países, estando entre ellos, España, Rusia, Italia y Estados Unidos (PISA (a), 2004).

No es casual que se haya criticado tanto el paradigma de la educación enciclopédica, centrada en el maestro y en consecuencia se busque el cambio a un modelo centrado en el alumno, cuya educación le permita constituirse en un ciudadano bien informado y profundamente motivado, provisto de un sentido crítico, capaz de analizar los problemas de la sociedad, buscar soluciones para los que se planteen a la sociedad, aplicar éstas y asumir responsabilidades sociales (UNESCO, 1998).

Aunque la propuesta anterior (aprendizaje centrado en el alumno) se ha planteado para la educación superior, se considera que no debe circunscribirse sólo a este nivel educativo, deben buscarse formas de incorporar este modelo desde el bachillerato y en la educación secundaria, pues independientemente de que logren revertirse el abandono a los estudios y mejore la eficiencia de egreso en el bachillerato muchos alumnos no conocerán otras formas de educación o será su último contacto con la educación escolarizada.

1.1 Investigaciones sobre el aprendizaje

La educación actual, ya no puede seguir solamente el camino de la transmisión, debe buscar las formas que permitan al estudiante aprender por sí mismo y a lo largo de toda la vida (Bindé, 2000). Con el fin de buscar los cambios que promuevan un mejor aprendizaje se han planteado alternativas que comienzan, en el caso de las ciencias, en la discusión de cómo se produce el conocimiento científico. El análisis de los procesos de construcción de la ciencia de vanguardia se convierte entonces en el punto de referencia para identificar que factores inciden en el aprendizaje, y una de las primeras líneas de reflexión sobre esta construcción del conocimiento es el cambio de paradigmas cuya aplicación derivará en una serie de propuestas de mejora educativa, instrumentadas a partir del cambio conceptual.

Desde la filosofía de la ciencia el análisis de los procesos científicos permitió cuestionar una lógica del descubrimiento científico, en este punto Thomas Kuhn, con su libro acerca de las revoluciones científicas planteaba que la ciencia se desarrollaba en periodos de ciencia normal con paradigmas teóricos dominantes, aparición de anomalías y ajustes de los paradigmas dominantes para explicar las anomalías y por último grandes revoluciones en las que los paradigmas dominantes cambiaban dando lugar a nuevas teorías y líneas de investigación (Moreira, 2003).

A partir de la propuesta de Kuhn, se han hecho esfuerzos para tratar de explicar cómo es el proceso de aprendizaje, en particular de los conceptos científicos, y por que a veces es sumamente difícil aprender los conceptos científicos. Esta corriente de investigación se conoce como cambio conceptual, siendo los principales exponentes de esta corriente: Striker y colaboradores, Chi, Carey y Vosniadou entre otros. A continuación se presenta una rápida revisión sobre los puntos más importantes de estos autores:

Striker, Posner y Hersow (1982) suponen que el cambio conceptual ocurre de manera analógica a los cambios de los paradigmas en las ciencias, los conceptos se aceptan o desechan de acuerdo con los problemas que han generado y las soluciones que dan a esos problemas, además de la posibilidad de generar nuevas explicaciones. Su propuesta de cambio conceptual considera que para que éste se produzca deben de presentarse en los siguientes puntos:

- Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes. Es improbable que los científicos (y los alumnos) hagan cambios radicales en sus conceptos si estas insatisfacciones pueden resolverse con modificaciones menores de sus concepciones.

- Una nueva concepción debe ser inteligible. El individuo debe ser capaz de entender el nuevo concepto lo suficiente para explorar sus posibilidades.
- Una nueva concepción debe parecer inicialmente plausible. Cualquier nuevo concepto adoptado debe por lo menos parecer tener la capacidad de resolver los problemas generados por sus predecesores.
- Una nueva concepción debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero, y en el caso de los alumnos, ésta debe suponer una mayor capacidad de explicación.

Chi y colaboradores (Chi *et al.*, 1981; Chi *et al.*, 1994) proponen que los conceptos cambian su significado, considerando un cambio en el estatus categórico. Cuando el cambio de estatus se da al interior de una categoría se tiene un cambio conceptual suave, mientras que en el caso de que el cambio se de entre categorías o si se requiere la creación de nuevas categorías se trata de un cambio conceptual radical u ontológico. La dificultad se presenta cuando es necesario reclasificar a un concepto de una categoría a otra.

Para Carey (Moreira, 2003; Flores, 2004) los conceptos, creencias y teorías son representaciones mentales, siendo los conceptos unidades de representación mental que se aproximan a la esencia de las cosas o las palabras, mientras que las creencias son proposiciones mentalmente representadas. Para la adquisición del conocimiento científico se requiere un cambio conceptual radical, para ello se necesita que se produzcan cambios en tres aspectos:

- El dominio de los fenómenos explicados
- La naturaleza de las explicaciones aceptadas
- Los conceptos individuales que constituyen una teoría

Estos cambios se dan en un marco en el cual la comprensión del lenguaje de los niños se modifica hasta llegar a la interpretación adulta, siendo ambos lenguajes esencialmente inconmensurables (incompatibles) y por lo tanto existe un problema de traducción de lo que el adulto (o el docente) quiere decir, a lo que el estudiante interpreta (Flores, 2004).

A diferencia de las posturas anteriores, Vosniadou (Flores, 2004) propone que el cambio conceptual es algo complejo y que no puede explicarse tratando a los conceptos como unidades aisladas e incoherentes, sino que los conceptos forman esquemas explicativos coherentes a modo de teorías implícitas construidos por la interacción cotidiana del sujeto con los fenómenos. Cuando se incorporan nuevos conceptos que modifican el esquema explicativo pueden volver a este incoherente y entonces propiciar el cambio conceptual, o si la contradicción es demasiado grande pueden provocar el rechazo hacia la nueva concepción.

Desde las perspectivas mencionadas, a pesar de lo difícil que es buscar una posición unificada (Moreira, 2003) es posible pensar en el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual que involucra tanto los conceptos del alumno como sus teorías o sistemas de explicación.

Entender el cambio conceptual y las teorías implícitas de los alumnos propicio el terreno para la investigación de cómo piensan los estudiantes los conceptos científicos y entender la resistencia al cambio conceptual. Considerando la propuesta Ausubeliana de “averíguese lo que el alumno sabe y enséñese en consecuencia”, se buscó investigar cuáles son esas ideas que tienen los estudiantes

(también llamadas concepciones ingenuas, “misconceptions”, concepciones erróneas, “concepciones alternas” etc.) (Wandersee, 1994), encontrándose que estas subsistían a pesar de la instrucción (Gil, 1993). De su investigación, Wandersee y colaboradores encontraron que los estudiantes hacen 8 juicios de conocimiento (González, 2001) mientras construyen sus esquemas explicativos:

“1. Los alumnos llegan a las clases de ciencias (instrucción formal) con un conjunto diverso de concepciones alternativas sobre objetos y acontecimientos naturales. Estas ideas a menudo están en desacuerdo con las consideraciones científicamente aceptadas. Sin el conocimiento de estas ideas de los alumnos, y en relación con la eficacia de su labor, el profesor está en una franca desventaja.

2. Alumnos de ambos sexos y de prácticamente todas las edades, niveles de habilidad y formación cultural suscriben las concepciones alternativas, que además muestran una espectacular consistencia.

3. La tenacidad con la que las concepciones alternativas son mantenidas varía sustancialmente. El deseable cambio conceptual depende de factores epistemológicos que pueden reflejar cuestiones psicológicas subyacentes (p. ej. la novedad de la nueva concepción para el alumno y el grado con que la instrucción científica desafía o pone en cuestión las concepciones alternativas que existen en un alumno determinado).

4. Las concepciones alternativas, a menudo, son explicaciones de los fenómenos naturales similares a las ofrecidas por generaciones previas de científicos y filósofos. Los conocimientos acerca de la historia de la ciencia pueden ser de gran utilidad en el diseño de cualquier programa instruccional pues pueden poner de manifiesto las contradicciones de viejas explicaciones.

5. Averiguar los orígenes de las concepciones alternativas es, actualmente, una empresa intelectual especulativa. La historia conceptual del alumno individual es idiosincrática (personal) y por ello difícil de indagar... este fenómeno, ligado al tiempo y basado en la experiencia se ha llamado *la historicidad de la cognición*. Sin embargo, la incidencia muy extendida de muchas concepciones alternativas en poblaciones y culturas diversas sugiere que pueden reflejar experiencias culturales comunes, que implican observación directa de la naturaleza, el uso del lenguaje cotidiano, la influencia de los medios de comunicación, y experiencias debidas a prácticas instruccionales.

6. Los profesores, así como los alumnos, pueden (y a menudo lo hacen), mantener concepciones alternativas y albergar ideas erróneas acerca de la ciencia actual. Especialmente aquellos profesores con menores inquietudes intelectuales, que son menos críticos con los materiales instruccionales y curriculares utilizados, y con una actualización deficiente en relación con los temas científicos.

7. El conocimiento previo de los alumnos interactúa con el conocimiento presentado en la instrucción formal, dando lugar a un conjunto diverso de resultados de aprendizaje no deseados.

8. Varios de los enfoques instruccionales diseñados para generar el cambio conceptual parecen tener un prometedor futuro, incluyendo aquellos que confían en el uso del conflicto conceptual, analogías, y estrategias metacognitivas. Un considerable número de investigadores pone énfasis en la promoción del aprendizaje significativo (en marcado contraste con el aprendizaje memorístico por repetición mecánica), como crucial para el progreso en este área.”

1.2 Propuestas de mejora

Los resultados de las investigaciones educativas sobre el cambio conceptual y las concepciones alternativas dan aún más elementos para cuestionar el modelo tradicional de educación y proponer nuevas líneas de investigación en didáctica educativa y en la enseñanza de las ciencias. Se ha planteado un nuevo paradigma sobre la educación, repensando al aprendizaje como un proceso de construcción inherente al individuo (Piaget, 1961) que participa en comunidad del mismo (Vygotsky citado en Wertsch, 1988). Este modelo de construcción del conocimiento busca alternativas y propuestas de trabajo en el aula que promueva en el alumno un aprendizaje útil y significativo. De estas propuestas destacan el aprendizaje por descubrimiento, el cambio conceptual puntual, el trabajo colaborativo y el aprendizaje basado en problemas (ABP), los cuales se presentan a continuación.

En el aprendizaje por descubrimiento el propósito era, partiendo de la interpretación Piagetiana de que la escuela debía ser el lugar para preparar los medios para el autoaprendizaje y no el sitio donde se enseñara a pensar, que el alumno adquiriera las herramientas que le permitieran investigar aquello que le interesara, y llegar a la elaboración del conocimiento a partir de su propia experiencia. La propuesta no resultó en el éxito deseado pues aunque los alumnos aprendían a su ritmo y de acuerdo con sus intereses, a menudo estos aprendizajes estaban aislados e inconexos (Gil, 1983).

Otra propuesta interesante, concebida a partir de las teorías de cambio conceptual y la investigación de las ideas previas de los alumnos, fue la construcción del conocimiento a partir del cambio conceptual puntual (Martínez, 1993). En esta propuesta se proponían ejercicios o ejemplos de situaciones a los alumnos a los que se les solicitaba que expresaran sus ideas al respecto del ejercicio o fenómeno, y una vez explicitadas estas ideas eran evidenciadas sus deficiencias para promover el conflicto cognitivo y la reestructuración de sus conocimientos. Aunque prometedora, esta propuesta a menudo resultaba en la frustración de los alumnos, en un juego en el que siempre pierden.

Sin estar ligada directamente con el constructivismo de Vygotsky, en el cual la educación es un proceso social, el aprendizaje colaborativo –a veces llamado cooperativo- reconoce la importancia del trabajo en grupo para aprender. Esta propuesta considera que es el mejor medio para aprender es a través del trabajo de los propios alumnos en comunidades de aprendizaje dirigidas por el docente. Como obstáculos que podría tener serían el no tener claros los objetivos de aprendizaje, que el grupo no fuera realmente colaborativo, o que el docente no evalúe el trabajo del grupo sino el de los individuos.

En el aprendizaje basado en problemas (ABP), convergen el cambio conceptual, la investigación dirigida y el trabajo cooperativo en un marco constructivista, aunque no deja de lado algunas actividades de reforzamiento y memorización por lo que esta propuesta es esencialmente ecléctica y pragmática (Martínez, 2007).

1.3. Influencia en el currículo

Mundialmente se han promovido cambios en los currículos nacionales y de algunas carreras como ha sido el caso de España, Chile y México (Campanario, 1999; Demaría, 2003; SEP, 2006). En el caso de México, la Secretaría de Educación Pública promovió en 1993 un cambio en los programas de estudio de las asignaturas de ciencias con miras a favorecer la actividad escolar centrada en el reconocimiento de los saberes del alumno propiciando su reflexión y buscando el trabajo en equipo y el desarrollo de sus capacidades y competencias. Tras la reforma de 1993, la SEP evaluó los resultados obtenidos, encontrando que los alumnos muestran:

- Poca comprensión de los conceptos científicos e incluso, en muchos casos, fortalecimiento de las “ideas previas”, de origen escolar y cultural, científicamente erróneas, con las que se acercan al estudio de dichos contenidos.
- Deformación del carácter y de la naturaleza de la ciencia, del proceso de producción de conocimiento y de la actividad científica. Igualmente se encuentra un fortalecimiento de actitudes, creencias y estereotipos erróneos respecto de la ciencia y del conocimiento científico.
- Escaso desarrollo de las habilidades del pensamiento científico.
- Falta de vinculación del aprendizaje con su utilidad y con el contexto social.
- Reforzamiento de estrategias de memorización a corto plazo para acreditar exámenes.
- Escaso desarrollo de habilidades relacionadas con la búsqueda, selección, interpretación y análisis de información, así como de la comunicación oral y escrita.
- Limitada promoción de actitudes hacia el cuidado y la conservación del medio ambiente, el cuidado de la salud y la prevención de accidentes y adicciones.

SEP, 2006. p.12

Por ello, se promovió una nueva reforma que se concretaría en los programas de estudios de los niveles básicos de escolaridad a partir de 2006, y que pretende promover en el alumno:

- Conocimiento de la ciencia (hechos, conceptos y teorías).
- Reconocer las aplicaciones del conocimiento científico en situaciones reales y simuladas.
- Promover el aprendizaje de habilidades y estrategias para la construcción de conocimientos en la escuela (procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos).
- Promover el aprendizaje de estrategias de resolución de situaciones problemáticas de interés personal y social mediante la aplicación de habilidades y conocimientos científicos.
- Buscar que tenga un acercamiento inicial al campo de la tecnología, destacando sus interacciones con la ciencia y la sociedad.
- Permitirle que reflexione sobre cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales relacionadas con la ciencia.
- Ayudarle a entender la historia y desarrollo de la ciencia.
- Conocimiento de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica (papel y estatus de la teoría científica y de las actividades de la comunidad científica).

SEP, 2006.

Los resultados de esta nueva reforma se verán reflejados en las siguientes generaciones; mientras tanto, las investigaciones educativas han derivado en nuevas propuestas para la enseñanza (Campanario, 1999; Caamaño, 2001) algunas de ellas orientadas al trabajo del docente y otras con énfasis en la actividad del alumno como son: los trabajos prácticos y la resolución de problemas; el enfoque ciencia tecnología y sociedad; el manejo del lenguaje y la comunicación en la enseñanza de la química; el cambio conceptual para promover un conocimiento significativo de los conceptos químicos; la investigación dirigida; el diseño de unidades didácticas y el desarrollo de las capacidades metacognitivas.

En estas propuestas se hace también presente de manera importante la necesidad de vincular lo que se aprende con la experiencia inmediata y el medio ambiente y reconocer la influencia del ser humano sobre el entorno; más ahora que el desarrollo económico y tecnológico plantea serios desafíos a la

supervivencia de nuestra especie y se requiere por ello que los estudiantes sean capaces de valorar el uso de los recursos naturales (Gil, 2006).

De las propuestas anteriores, el aprendizaje basado en problemas (ABP), ha recibido una creciente atención, pues presenta varias ventajas sobre la enseñanza tradicional, siendo algunas de las más importantes las siguientes:

- La actividad está centrada en el alumno.
- Promueve la identificación de necesidades de aprendizaje por el propio alumno.
- Promueve el trabajo colaborativo para alcanzar la solución del problema.

El planteamiento de una educación centrada en el alumno buscando que éste aprenda a resolver problemas no es algo nuevo, ya a inicios del siglo pasado John Dewey proponía una educación con estas características (Westbrook, 1993). Sin embargo es hasta mediados de la década de los 60 que aparece en su versión moderna en la universidad de medicina en McMaster y después ha ido cobrando importancia por sus resultados, en particular en la adquisición de destrezas y conocimientos significativos y el desarrollo de capacidades (Everwijn, 1993), en concordancia con una posición constructivista (Savery, 1995). Se ha aplicado en diferentes especialidades como ingeniería, ciencias económico-administrativas, ciencias sociales y aún en la educación media (Soubiron, 2005; Bueno, 2004; Barojas, 2002).

Qué es un problema, cuál es su papel en la ciencia, y cómo debería de ser un problema para aprender son preguntas que aún no han sido resueltas pues hay una profunda ambigüedad en lo que se conceptualiza como problema (Toulmin en Chamizo 2007; Martínez, 2006; Chamizo (a), 2005; Izquierdo (c), 2005; Martínez, 2005; Laudan en Colombo, 1997; Helgeson, 1994; Hayes, 1989). Un problema se ha conceptualizado como una situación no familiar (Bodner, 2005), como una limitación individual inherente al procesamiento de la información (Stamovlasis, 2000; Tsarpalis, 1998), o como un obstáculo, que bloquea la marcha normal de la inteligencia (Córdova, 2005).

El término problema en la escuela remite generalmente al trabajo con los enunciados “de fin de capítulo” (Gil, 1983; Izquierdo (b), 2005); para nosotros, el trabajo con la solución de problemas no se remite a este único aspecto, sino que contempla investigaciones, discusión en el grupo y reflexión individual y también la ejecución de actividades experimentales. Creemos que –como lo han presentado Gil y colaboradores- no tiene sentido tratar de distinguir entre las diferentes actividades de aprendizaje (resolución de problemas, prácticas de laboratorios, investigaciones, etc.), pues la educación en ciencias debería en la medida de lo posible representar las actividades propias de la ciencia, y durante el ejercicio cotidiano de su trabajo los científicos no hacen ninguna distinción entre ellas.

En Chile, Demarías y colaboradores (Demarías, 2003), al remarcar los obstáculos para aprender en la educación tradicional (alumnos que olvidan fácilmente lo aprendido, excesivos contenidos, poco tiempo de trabajo), han propuesto el aprendizaje basado en la solución de problemas como una alternativa para superar estos obstáculos. Este modelo permitiría la educación en función de los intereses del propio alumno y su desarrollo sería interdisciplinario, con lo que se buscaría romper con el fraccionamiento del conocimiento.

La propuesta anterior; aunque contempla el uso de la solución de problemas como medio para aprender, propone que sea una transición gradual que combine las clases tradicionales (exposición por

parte del maestro) con el trabajo en la solución de problemas con mayor carga de exposiciones al inicio de los estudios profesionales y mayor trabajo en ABP hacia los semestres finales.

En México, el aprendizaje basado en la solución de problemas ha tenido poco impacto en las aulas, destacando el trabajo hecho en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) (Font, 2004) La Universidad Iberoamericana (UIA) (Rugarcía, 2005), en la UNAM en los Núcleos de Calidad Educativa (Morales, 2004) y la Facultad de Medicina (Martínez *et al*, 2007) y en el bachillerato (Gómez, 2004; Barojas, 2002; Sierra, 2002); sin embargo ha despertado un creciente interés en su aplicación con el objetivo de promover el aprendizaje activo de los alumnos y desarrollar las capacidades que les permitan aprender a lo largo de la vida.

1.4 Los problemas y la solución de problemas

Con el fin de desarrollar un modelo de aprendizaje basado en la solución de problemas a continuación se presenta una revisión de las diferentes propuestas de definición que se han elaborado sobre el término problema, indicando cuáles podrían ser sus limitaciones, y de qué forma pueden ser superadas si se utiliza la definición de problema de acuerdo con Toulmin (Chamizo, 2007; Izquierdo, 2007; Chamizo (a), 2005; Izquierdo (c), 2005; González A., 2005).

A lo largo del tiempo se han escrito textos de diversos formatos con el único fin de mejorar las habilidades de solución de problemas (Hayes, 1989; Newell, 1972; Polya, 1945). Sin embargo definir en qué consiste un problema; qué elementos caracterizan su solución; qué distingue a los buenos “resolvedores de problemas” de aquellos que no lo son; a menudo es confuso si no es que contradictorio.

Por ejemplo en el texto “The total problem solver” (Hayes, 1989) se nos dice:

“Siempre que haya una brecha entre dónde se encuentra y hacia dónde quiere ir, y no se sabe como cruzar esa brecha, se tiene un problema”

Hayes, 1989.p. xii

Krulick, citado por Martínez (2005) nos dicen al respecto:

“Un problema es una situación, cuantitativa o no, de la que se pide una solución, para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla”

Martínez, 2005. p. 231.

Parra citado por Moreno (2000)

"Un problema lo es en la medida en que el sujeto al que se le plantea (o que se plantea él mismo) dispone de los elementos para comprender la situación que el problema describe y no dispone de un sistema de respuestas totalmente constituido que le permita responder de manera inmediata".

Moreno, 2000. p. 1

En cuanto a la enseñanza, Izquierdo (2005) nos presenta “el problema” que representa la definición de “problema”, por cómo se utiliza en las actividades descritas en los libros de texto. Mientras aquellas preguntas de repaso se indican como ejercicios, resolver actividades en las que haya que calcular algo reciben el nombre de problema; o bien, son ejercicios aquellos ejemplos de cálculo desplegados en las lecciones, y problemas otros enunciados más largos que se encuentran al final de la lección.

Si aquí se ha complicado entender lo que es un problema, lo que se entiende por solución de problemas también es confuso, pues es visto de diferentes maneras por los investigadores, de esto da cuenta Heyworth (1989), cuando presenta algunas concepciones de investigadores sobre la solución de problemas:

- Para Mayer, resolver problemas es sinónimo de pensar.
- Para Gagnè es una forma particularmente compleja que debe estar precedida de formas más simples de aprendizaje.
- Para Gil, Martínez y otros es una actividad de investigación para la cual no hay una solución obvia al principio.
- En la teoría del procesamiento de la información, es hallar una solución a partir de la información inicial usando el conocimiento almacenado en la memoria.

Las definiciones anteriores son una muestra de lo complejo que es entender qué es un problema y qué es lo que caracteriza o debiera caracterizar su proceso de solución.

1.4.1 Los problemas como un asunto de familiaridad

Bodner ha considerado a los problemas como un asunto de familiaridad (Bodner, 2000; Bodner, 2005); Así, un problema lo es en tanto el que lo resuelve no ha tenido contacto con la información pertinente que le permita formular los esquemas para reconocer la información relevante para proceder a la solución. En esta propuesta cuando se solicita resolver un problema como el siguiente:

“Una muestra de un compuesto de xenón y flúor se encierra en un bulbo a 24 torr. Se hace circular una corriente de hidrógeno hasta que se alcanza una presión en el bulbo de 96 torr. Tras hacer pasar una corriente eléctrica se produce una chispa que provoca una reacción en la que se produce Xe y HF. Al remover el HF con KOH sólido la presión desciende hasta 48 torr, quedando en el bulbo sólo xenón e hidrógeno. ¿Cuál es la fórmula empírica del fluoruro de xenón en la muestra original?”

Bodner, 2000. p. 24

Cuando un experto trabaja con esta situación “visualiza” la solución y lo reconoce como “de los de fórmula empírica”; por tanto se ha entendido el problema cuando se ha resuelto (el experto sabe qué tiene que hacer) y entonces la situación descrita no implica un problema. Lo que se presenta para aquél que está familiarizado es un ejercicio.

A la propuesta de familiaridad puede criticársele considerando que lo que hace el experto es recuperar un algoritmo (seguramente habrá hecho suficientes problemas como para reconocer que se trata de uno de “fórmula empírica”), hay todo un lenguaje en la redacción de la situación que le describe al experto cuál es la tarea que se tiene que hacer.

Las investigaciones sobre la solución de problemas y el conocimiento profundo de los conceptos han demostrado que si bien los alumnos consiguen obtener un resultado, pues conocen los atajos que les permiten obtener la “respuesta correcta”, cuando se trata de aclarar cómo han usado los conceptos para resolverlo, a menudo desconocen de qué manera se enlazan los conceptos en el problema (Gabel, 1994; Izquierdo (b), 2005).

1.4.2 El umbral de problematicidad

Para el ejemplo planteado por Bodner en la página 13, un experto puede resolver la pregunta porque tiene las herramientas conceptuales y metodológicas para acometerla con éxito, esto es, no constituye un problema. Para otro cuyo umbral de problematicidad sea más bajo intentar la tarea le es imposible. Éste umbral de problematicidad es único para cada persona, con lo cual las esperanzas de mejorar la capacidad de enfrentar problemas estaría vedada. Sin embargo, el lector podrá recordar que durante su educación o en situaciones de la vida cotidiana hubo situaciones de lo que en un principio supondría un problema y que con el paso del tiempo, al aprender los algoritmos o entender los conceptos que son necesarios para su solución le permitieron afrontar las situaciones con éxito, sean aquellas en las que se requiere obtener un resultado numérico o ejecutar una habilidad motriz.

El ejemplo de la página 13, cuando es resuelto por aquel “que sabe”, no representa realmente un problema; atendiendo al concepto de umbral se estaría en una situación en la que se trabaja por debajo del umbral de problematicidad (Martínez, 2005), no así para alguien sin experiencia en este tipo de asuntos y para quién es realmente un problema. Hablar entonces de este umbral de problematicidad no tiene sentido, pues bastaría con ubicar a ambos; experto y novato; ante una situación realmente novedosa para que actúen ante ella como novatos. Para ilustrar lo anterior se puede proponer el siguiente ejemplo: considere el caso de Newton y de un bosquimano del siglo XVI e intercámbielos de lugar, a Newton en la sabana Africana y para hacer más radical el ejemplo al bosquimano en Nueva York de finales del Siglo XX. ¿Quién en estas condiciones podría resolver mejor el problema que significaría el sobrevivir en una cultura y medio ambiente extraños y rodeado de situaciones potencialmente peligrosas?

1.4.3 La memoria de trabajo y la memoria a largo plazo como limitantes en la solución de un problema

Otra alternativa sobre lo que es un problema es aquella que considera al ser humano como un sistema de procesamiento de información, al estilo de las computadoras digitales. Newell (1972) en su libro “The human problem solver” plantea que se puede hacer una metáfora de las capacidades de la computadora, relacionando su capacidad de procesamiento y la capacidad para hacer cálculos con la cantidad de información que puede procesar un ser humano y sus capacidades de memoria de trabajo.

Con base en esta aproximación, se ha elaborado un modelo que propone que si la memoria de trabajo (X) es superada por la demanda de memoria (Z), no sólo se tiene un problema, si no que éste se vuelve irresoluble a no ser que el que resuelve encuentre una forma de reducir la demanda de memoria hasta que coincida con la memoria de trabajo, requisito necesario pero no suficiente para que se alcance la solución ($Z < X$) (Johnstone, 1986).

Como características que se deben de cumplir para que un problema se ajuste a este modelo se tiene las siguientes (Johnstone, 1986; Tsarpalis, 1998; Stamovlasis, 2001; Tsarpalis, 2000; Stamovlasis, 2000):

- La estructura lógica del problema debe de ser simple.
- El problema no debe de ser de tipo algorítmico.
- Los pasos parciales a efectuar deben de estar disponibles en la memoria de largo plazo y accesibles desde ahí.
- Los alumnos no deben usar medios de acortamiento del problema.
- No debe de haber interferencias en el enunciado del problema.

En la enseñanza de la química se han estudiado las síntesis orgánicas como ejemplos de problemas con estas características (Stamovlasis, 2000). Sin embargo, el modelo de problema en función de la memoria de trabajo tiene serias restricciones de acuerdo con las condiciones que debe de cumplir; pues aunque algunos de los problemas que se abordan en la escuela pueden tener estas características, la generalidad de los problemas a los que nos enfrentamos en el día a día –y a los que se espera que los alumnos se enfrenten en la vida cotidiana y el ejercicio profesional- es seguro que no cubren los requisitos del modelo.

Aún en el caso de aceptar como cierto el modelo para los problemas que presentamos en la escuela, didácticamente esta propuesta no promete demasiado, pues considerando los supuestos del modelo, los docentes lo único que podríamos hacer es establecer la demanda de memoria necesaria para que los estudiantes puedan aprender, esto es: disminuir el rigor intelectual de ciertas tareas (Bodner, 2005).

1.4.4 La resolución de los problemas

Aunque no es el propósito de este trabajo el análisis de la manera en la cual los alumnos proceden a resolver un problema, se considera conveniente presentar algunas de las opiniones sobre el proceso de solución de un problema. La resolución de los problemas se ha estudiado desde diferentes perspectivas siendo las propuestas más interesantes el trabajo con algoritmos, y el trabajo con heurísticas de solución.

El trabajo con algoritmos supone que un problema puede resolverse aplicando un método que desglosa o analiza cada sección del problema de acuerdo a una combinación de reglas previamente establecida (Gagnè en Heyworth, 1994), por ejemplo, para resolver el problema presentado en la página 13 se tienen que reconocer los datos; si es necesario, transformarlos con el fin de que sean consistentes con el sistema de unidades que se desea; aplicar las reglas de cálculo y los algoritmos necesarios; revisar que el resultado obtenido sea consistente; si no es así volver a revisar el procedimiento de cálculo; corregir y obtener el resultado.

El más antiguo de los modelos algorítmicos de solución de problemas, y que de seguro el lector recordará de la instrucción secundaria, lo encontramos resumido en la sucesión de palabras: datos-fórmula-sustitución-operaciones-resultado. Este modelo, con mayor o menor cantidad de frases, se ha repetido como “la fórmula” para resolver problemas; Amorim (2005) nos indica que un algoritmo es una secuencia bien definida de pasos, diseñada con el fin de reducir la brecha entre el que lo diseña y aquel que lo aplica; y como ejemplos cita las recetas de cocina, las partituras, protocolos médicos, entre otros. Hace referencia a la importancia dada por la sociedad en el momento actual al uso de algoritmos y dice que se ha promovido de manera importante el pensamiento algorítmico, permitiendo la separación entre actividades operativas y aquellas basadas en el conocimiento. Indica que aún cuando no nos demos cuenta el pensamiento algorítmico está incrustado en nuestras vidas, aunque no seamos concientes de ello.

Puesto que el uso de los algoritmos favorece la ejecución de tareas repetitivas y monótonas (como las que ejecuta un autómata o un robot en una fábrica), su uso indiscriminado puede limitar la creatividad, el juicio, y el sentido común (Amorim, 2005). Ehrlich, define al algoritmo como las reglas de cálculo para una situación, que pueden ser seguidas de manera más o menos automática por un sistema razonablemente inteligente, como una computadora. En consecuencia, puesto que es posible tener la certeza de una solución, las tareas de tipo algorítmico no tendrían que ser consideradas como problemas (Ehrlich en Bodner, 1991).

Dice Schrader (1987) de los algoritmos:

“El uso de los algoritmos puede ser apropiado para los técnicos, pero los solucionadores de problemas pueden hacer mucho más. Pueden construir y utilizar sus propios algoritmos. Para ello, deben entender qué son los algoritmos, y cuándo usarlos. Los algoritmos tienen su propio lugar en la enseñanza de las ciencias.

1. Los algoritmos son procedimientos eficientes que proveen una forma simplificada de instrucciones para resolver problemas complejos de manera confiable y eficiente. Requerimos de algoritmos para evitar la confusión cuando nos vemos enfrentados con tareas complejas
2. Si el algoritmo se usa sensiblemente, debe conectarse con el fenómeno químico al cual es aplicable
3. Para obtener respuestas correctas, el algoritmo debe basarse en los principios científicos y/o matemáticos
4. En la enseñanza de algoritmos, debe cuidarse que la atención de los estudiantes se centre en los conceptos de los cuales se obtiene el algoritmo más que en algoritmo en sí.
5. Cuando un algoritmo se aplica a un nuevo contexto, debe revisarse la validez del procedimiento contra nuestro conocimiento de los principios generales para asegurarnos que el algoritmo es válido y que no se produzcan errores lógicos o de cálculo.
6. Los algoritmos están pensados como una parte importante de la resolución de problemas, pero su aplicación indiscriminada no es garantía de solución.”

Schrader, 1987. p.518

Aunque lo anterior parecería una apología del uso de los algoritmos en ciencias, más adelante comenta:

“El uso de los algoritmos por sí mismo no es importante. Debemos enseñar a nuestros alumnos no sólo cómo se usa un algoritmo sino por qué sirve. Es importante darle a los estudiantes las oportunidades para la creación de sus algoritmos, pues esto puede mejorar sus habilidades de solución de problemas”

Schrader, 1987. p.519

Una forma de enseñar la resolución de problemas por este camino es a través de la resolución de ejercicios de cálculo. Gilbert (1980) menciona en este sentido la necesidad de trabajar con problemas tipo con el fin de que el alumno conozca y entienda los métodos de solución de problemas; los ejercicios de tarea ayudarían a que el alumno pusiera en práctica el uso de estos métodos; de ahí la necesidad de hacer varios ejercicios, y por último la aplicación de exámenes para “poner presión” a los alumnos para resolver los problemas en un periodo corto de tiempo. Se espera que un buen desempeño en los exámenes sea el resultado de una mejora en sus habilidades de solución de problemas.

Si bien Gilbert mencionaba la importancia de los problemas tipo en el aprendizaje y los problemas de tarea, en un estudio sobre solución de problemas de pH, Moliné (2007) ha encontrado que las habilidades de solución de problemas no mejoran porque el que resuelve haga más o menos ejercicios, a menudo aquel que aprende “entiende” en el momento de la explicación o poco después. El proceso de

aprendizaje es reflexivo más que operativo, y que un factor importante en la comprensión y solución del problema lo constituye la interacción social entre los alumnos y la verbalización.

Hay muchos ejemplos de desarrollo de algoritmos para la solución de problemas, que de alguna forma parecieran imitar al “método científico”: se llega al conocimiento a través de una serie de pasos perfectamente definidos, si en el caso de los problemas su solución inicia con el análisis del problema y la obtención de los datos necesarios, en las ciencias se procedería a través de “preguntarle al mundo” tras la observación de un fenómeno de interés.

Esta postura de la resolución de los problemas ha sido denunciada como causante de visiones deformadas de la Naturaleza de la Ciencia (N de C) por varios autores (Gil, 1983; Martínez, 2005), pues se promueve una idea positivista y determinista de la ciencia, en la que el conocimiento se obtiene con un método único. Otra crítica que se formula a la orientación algorítmica de la resolución de problemas es que los alumnos que se han acostumbrado a resolver problemas de este tipo muestran que o bien no tienen un conocimiento claro del concepto con el que están tratando (Izquierdo, 2005; Nakhleh, 1993), o al haber recurrido tanto a los algoritmos desconfían de sus conocimientos conceptuales (Nakhleh, 1993).

Cuando se les ha preguntado a los maestros (Reyes en Martínez, 2005) qué factores consideran importantes para resolver un problema de física (del tipo de lápiz y papel), a menudo se han encontrado las siguientes respuestas:

- Leer detenidamente el enunciado.
- Hacer muchos problemas.
- Saber bien la teoría.
- Prestar atención al aparato matemático.

Nótese que en ellas no se encuentra la revisión del resultado, lo que indicaría que los maestros tienden a pensar que si se siguen los pasos indicados invariablemente se llegará al resultado correcto.

Para modificar lo anterior, diversos autores (Gil, 1983; Gil, 1988; Gil, 1999; Martínez, 1993; Martínez, 2005) han sugerido la “problematización de los problemas” de manera que se tengan situaciones de aprendizaje que apelen no a la búsqueda de los datos sino a su obtención, de manera que el resolver problemas suponga un proceso de investigación similar a la construcción de conocimiento en la ciencia. De la misma forma se expresa Izquierdo (2005), indicando la necesidad de cambiar los ejercicios algorítmicos por auténticos problemas cuya solución promueva el aprendizaje de los alumnos.

Por otra parte, cuando se analiza el comportamiento experto-novato, aquellos que son expertos en resolver cierto tipo de “problemas”, al ser cuestionados de cómo realizan la solución, parecen coincidir con la ejecución de procesos algorítmicos (Heyworth, 1989) lo que en un principio significaría que por economía de recursos el sujeto ha “descubierto” un camino que le permite llegar al resultado.

Sin embargo las situaciones en la que se es experto no pueden calificarse como problemas pues hay certeza en lo que debe de hacer para obtener una respuesta y bajo estas condiciones se encuentra trabajando con un ejercicio (Martínez, 2005; Irazoque, 2005). Los algoritmos también pueden interpretarse como atajos útiles cuando se trabaja con ejercicios, pero a menudo limitan el aprendizaje cuando el alumno se enfrenta realmente a un problema (Frank, 1987). Por ejemplo, en el caso de

estequiometría, los autores anteriores indican la tendencia de enseñar muchos algoritmos como sería la clasificación de problemas mol-mol; mol-volumen; mol- masa; masa-masa, etc, y que los estudiantes identifican con un tipo específico de algoritmo, siendo incapaces de reconocer que en el fondo se trata de la misma cosa.

Los expertos (¿tal vez un maestro?) modelan la tarea en su mente aún antes de iniciar la ejecución del proceso de solución, por ejemplo en una actividad de estequiometría toman en cuenta situaciones relevantes (tipo de reactivos, masas disponibles, ecuación química, productos) y descartan otras que no lo son en ese momento (color, estado físico, energía involucrada), de manera que reconocen la información relevante de aquella que no lo es, el proceso de solución se ha definido a menudo como de retroceso (saben qué hay que hacer, y sólo aplican fórmulas o estrategias para llegar al resultado), si se atascan hacen análisis cualitativos y entre otras cosas pueden verificar su resultado de otras formas (Irazoque, 2005).

Compárese esta ejecución con la de un novato (¿tal vez un alumno?), quien tiene por principio de cuentas problemas para interpretar el lenguaje que le describe la situación, esto le impide modelarla, y esta misma dificultad le impide poder recabar la información pertinente para resolver el problema. A menudo trabajará con los datos que tiene a la mano sin discriminarlos, y usará las fórmulas que conoce para obtener un resultado, no importando si tiene sentido, pues buscará darle sentido si le ofrece algo que se acerque a la solución. Esta estrategia a menudo se le ha llamado de medios-fines, siendo los resultados obtenidos en general muy pobres, por lo que los novatos se encuentran en la posición de “resuélvase o abandónese” (Gil, 1983; Gil, 1988; Martínez, 1993; Irazoque, 2005).

Las variaciones pequeñas en el enunciado o en los datos hacen que el novato sienta que se encuentra frente a situaciones enteramente nuevas (Martínez, 2005, Martínez, 1993; Gil, 1983). No es desconocido por los maestros el reclamo de que los problemas del examen son diferentes a los que se revisan en clase (Bodner, 1987). Lo que tratan de hacer los novatos es almacenar la mayor cantidad de algoritmos de solución que les permita estar en condiciones de resolver varios tipos de problemas; sin embargo, esta tarea no sólo no es rentable cognitivamente hablando, sino también poco útil, pues si se falla en reconocer qué algoritmo es el adecuado ni siquiera se intenta resolver el problema o los resultados obtenidos son poco satisfactorios.

La otra postura es considerar que hay varias formas que pueden permitir o no resolver un problema. Estas formas que dan indicaciones sobre el tratamiento de un problema se denominan genéricamente “heurísticas de solución” destacando la propuesta de Polya (1945), quien propone que la resolución de problemas contempla los siguientes aspectos (cada uno de ellos va acompañado de una serie de preguntas que buscan clarificar el proceso de solución, identificando las acciones relevantes a seguir para abordar el problema):

Paso 1: Entender el problema.

- 1.- ¿Entiendes todo lo que dice?
- 2.- ¿Puedes replantear el problema en tus propias palabras?
- 3.- ¿Distingues cuáles son los datos?
- 4.- ¿Sabes a qué quieres llegar?
- 5.- ¿Hay suficiente información?
- 6.- ¿Hay información extraña?
- 7.- ¿Es este problema similar a algún otro que hayas resuelto antes?

Paso 2: Configurar un plan.

¿Puedes usar alguna de las siguientes estrategias? (Una estrategia se define como un artificio ingenioso que conduce a un final).

- 1.- Ensayo y error (conjeturar y probar la conjetura).
- 2.- Usar una variable.
- 3.- Buscar un patrón
- 4.- Hacer una lista.
- 5.- Resolver un problema similar más simple.
- 6.- Hacer una figura.
- 7.- Hacer un diagrama
- 8.- Usar razonamiento directo.
- 9.- Usar razonamiento indirecto.
- 10.- Usar las propiedades de los números.
- 11.- Resolver un problema equivalente.
- 12.- Trabajar hacia atrás.
- 13.- Usar casos
- 14.- Resolver una ecuación
- 15.- Buscar una fórmula.
- 16.- Usar un modelo.
- 17.- Usar análisis dimensional.
- 18.- Identificar sub-metas.
- 19.- Usar coordenadas.
- 20.- Usar simetría.

Paso 3: Ejecutar el plan.

- 1.- Implementar la estrategia que escogiste hasta solucionar completamente el problema o hasta que la misma acción te sugiera tomar un nuevo curso.
- 2.- Concédete un tiempo razonable para resolver el problema. Si no tienes éxito solicita una sugerencia o haz el problema a un lado por un momento (¡puede que se te prenda el foco cuando menos lo esperes!).
- 3.- No tengas miedo de volver a empezar. Suele suceder que un comienzo fresco o una nueva estrategia conducen al éxito.

Paso 4: Mirar hacia atrás.

- 1.- ¿Es tu solución correcta? ¿Tu respuesta satisface lo establecido en el problema?
- 2.- ¿Adviertes una solución más sencilla?
- 3.- ¿Puedes ver cómo extender tu solución a un caso general?

<http://www.winmates.net/polya.php> (2007)

Este proceso se ha identificado con la modelización (la manera en la que se trabaja con una situación problemática volviéndola más sencilla de lo que es en principio) que se hace en las ciencias cuando se trabaja en investigación (Martínez et al, 2005; Izquierdo, 2005).

Recientemente, Lira (2006) al revisar las diferentes propuestas para enseñar a resolver problemas, encontró que una parte importante de la heurística de solución es la traducción del problema en términos propios de la disciplina. Esta idea ha sido desarrollada en el método de resolución de problemas TADIR (Barojas, 2002).

Aparte de éste también existen otros modelos de solución de problemas como el de Woods y el de Gil como heurísticas de solución que en principio estarían empatadas con la propuesta de Polya, haciendo énfasis en determinadas acciones del proceso (Lira, 2006). Sin embargo, Bodner (Bodner, 1987; Bodner, 2005) ha apuntado que muy rara vez en un problema auténtico tiene uso esta heurística, más bien considera que el que resuelve procede de manera anárquica.

Varas (2004) agrega que la solución de problemas es un proceso eminentemente idiosincrático y desestructurado; hablar de un método de solución de problemas parecería entonces no tener sentido. Una propuesta que parece satisfacer el comportamiento exhibido durante la solución de un problema es la que propone Wheatley:

Modelo anárquico de resolución de problemas (Wheatley citado en Bodner, 2005) (Traducción libre del tesista)

- Lea el problema
- Ahora vuelva a leerlo
- Escriba aquello que espera que sea información relevante
- Haga un dibujo, haga una lista, o escriba una ecuación o fórmula para ayudarse a empezar a entender el problema
- Intente algo
- Intente otra cosa
- Vea a donde lo lleva esto
- Vuelva a leer el problema
- Trate algo más
- Vea a dónde lo lleva esto
- Pruebe sus resultados intermedios para ver si está haciendo algún progreso hacia la solución
- Lea el problema de nuevo
- Cuando sea apropiado, golpéese la frente y diga “con una ...”
- Escriba una respuesta (no necesariamente “la respuesta”)
- Pruebe la respuesta para ver si tiene sentido
- Inicie de nuevo si es necesario, celebre si no es así

Aunque esta propuesta parece cumplirse de acuerdo con la investigación efectuada por Bodner y Bhattacharyya (2005) también reconocen junto con otros investigadores (Gabel, 1994) que una parte importante del proceso de solución de problemas lo ocupa la enculturación, esto es, compartir conocimientos directamente vinculados con el problema; y cierran indicando que el enseñar la ciencia como cultura requiere mas énfasis en la instrucción explícita de la forma en la cual se usan las herramientas en los dominios específicos de la ciencia. Bodner va aún más lejos con su crítica al uso de heurísticas como de algoritmos en la resolución de problemas:

“Si usted compara esta reconstrucción de pasos (modelo anárquico), muchos de nosotros trabajamos poco con la descripción que a menudo damos a nuestros estudiantes de cómo resolvimos un problema (heurísticas de Polya o algoritmos), entonces podrá entender por qué he pedido que se deje de mentir a los estudiantes, y también podrá entender el rol de los algoritmos en la resolución de ejercicios comparando su uso en la resolución de problemas”

1.5 Los problemas en la ciencia.

Las aproximaciones anteriores aunque intentan clarificar las características de un problema resultan insuficientes por las razones anteriormente mostradas. La filosofía de la ciencia por otra parte nos ofrece algunas respuestas como es el caso del filósofo Laudan, quien nos dice que la ciencia avanza a través de la solución de problemas (Colombo, 1997), pues cuando durante el desarrollo de los conceptos y teorías hay algún fenómeno que se contrapone con el cuerpo de conocimientos aceptado se presenta un problema (Martínez, 1993) y lo que hacemos cuando se construye y genera nuevo conocimiento en la ciencia de frontera -o cuando aprendemos- es precisamente resolver estos problemas.

El filósofo Stephen Toulmin propone sobre los problemas:

“La fuente de los problemas científicos reside en una delicada relación histórica entre las actitudes de los científicos profesionales y la naturaleza que estudian. Los problemas se presentan cuando nuestras ideas sobre el mundo entran en conflicto con la naturaleza o con otras ideas; por ejemplo, cuando nuestras ideas actuales quedan cortas, de algún modo, con nuestros ideales intelectuales. Esta forma de formular la actividad científica trae a la superficie un elemento en la investigación científica, que los tratados de lógica inductiva frecuentemente sumergen. Los problemas conceptuales en la ciencia surgen de la comparación, no de “proposiciones” con “observaciones”, sino de las “ideas” con la “experiencia”

Esto puede resumirse en los siguientes términos

Problemas= Ideales explicativos – capacidades corrientes

Es ésta ‘genealogía de problemas’, la que constituye una base por consiguiente de otras genealogías, por las cuales el desarrollo de una ciencia puede ser caracterizado. En una secuencia de teorías, los modelos posteriores y los conceptos obtienen su legitimidad al haber resuelto problemas para los que los modelos y conceptos anteriores fueron inadecuados. En la secuencia de instrumentos experimentales los diseños posteriores permitieron mediciones, las cuales trajeron preguntas irresolubles usando los diseños anteriores. Aún el desarrollo de los contenidos –o su alcance empírico- de una disciplina científica está controlado por ésta genealogía subyacente de problemas. Si nosotros delimitamos a unas ciencias de otras por sus respectivos ‘dominios’, aún estos ‘dominios’ han de ser identificados, no por el tipo de objetos de estudio de cada una de ellas, sino por las preguntas que surgen acerca de ellos.”

Izquierdo (c), 2005 pp. 5-6

Así los ideales explicativos son aquellas necesidades de describir, predecir o explicar un fenómeno, que se presenta anómalo a los ojos del observador o con nuevas facetas que explorar. Como ejemplos se pueden tener a la teoría del calórico y su confrontación con la propuesta de la conversión del trabajo en energía, o la física Aristotélica vs. la Newtoniana y de esta última frente a la Einsteiniana.

Las capacidades corrientes por otra parte son el arsenal de habilidades, dispositivos, técnicas y conocimientos de que disponemos para tratar de explicar cierto fenómeno. La necesidad de explicar nos pone en juego todas estas capacidades corrientes y adquirir o crear nuevas capacidades que nos permitan resolver el problema.

Estos conocimientos se conciben mediante expresiones conceptuales que contemplan tres aspectos: el lenguaje, las técnicas de representación (modelos) que le es propio a este lenguaje y de manera particular el contexto en el que se desarrolla la intervención de este conocimiento, esto es, la aplicación de los conceptos en una situación determinada.

Si bien un problema se presenta cuando en una situación convergen los tres aspectos de los conceptos – lenguaje-representación-aplicación-, la solución del problema puede darse atendiendo a tres formas de solución: refinando el lenguaje, las representaciones teóricas o la experimentación. Lo anterior da origen a una combinación de 15 posibilidades de variaciones conceptuales, lo que permite la evolución del conocimiento científico (tabla 1).

Tabla 1

Posibilidades de variaciones conceptuales durante la evolución de los conceptos en ciencias de acuerdo con Toulmin

		Aspectos en el uso de los conceptos		
		Lenguaje	Técnicas de representación	Procedimientos de aplicación
Problemas conceptuales	La extensión de nuestros procedimientos Actuales a nuevos fenómenos.			
	El mejoramiento de nuestras técnicas en el tratamiento de fenómenos familiares			
	Integración intradisciplinaria de técnicas En una ciencia			
	Integración interdisciplinaria de técnicas de ciencias vecinas			
	La resolución de conflictos entre las ideas Científicas y extracientíficas			

La propuesta de problema de Toulmin, es consistente no sólo con la actividad científica, sino también con el aprendizaje, pues al igual que en ciencia, lo que el alumno trata de hacer es explicarse su mundo a través de la creación de nuevos conceptos, ayudándolo a entender el conflicto de sus propias teorías con las teorías científicas pero no por la contrastación “desde afuera” como ha sucedido en el caso de las propuestas de cambio conceptual puntual (Martínez, 1993) que en poco tiempo hace que el alumno pierda el interés en un juego en el que siempre pierde al ser evidenciado por sus “errores conceptuales”. Antes bien, debe de ser la propia evidencia del conflicto generada por una búsqueda de solución de un problema lo que propicie esta contrastación activa y fructífera.

1.5.1 Los problemas actuales y la naturaleza de la ciencia

Vivimos en un momento en el que nuestra especie se enfrenta quizás al reto más importante de su existencia: la supervivencia de la propia especie. Las evaluaciones sobre las condiciones en que se encuentra el medio ambiente y la posibilidad de un desarrollo que permita el mantenimiento de los ecosistemas indican que sin un cambio en la cultura de las sociedades de una tendencia basada en el consumo inmoderado a una basada en el consumo responsable la supervivencia de la especie humana no será posible (Gallopín, 2002).

Derivadas de la reunión de Freiberg en 2000, surgen interrogantes acerca de cómo abordar la emergencia planetaria, abriendo un nuevo programa de investigación, la llamada ciencia de la sostenibilidad. A partir de los trabajos iniciados allí, se ha buscado en diversas partes del mundo respuesta a las interrogantes siguientes:

- ¿Cómo se pueden incorporar mejor las interacciones dinámicas entre la naturaleza y la sociedad –incluyendo retardos e inercias- en los modelos y conceptualizaciones que integran el sistema Tierra, el desarrollo humano, y la sostenibilidad?
- ¿Cómo están las tendencias de largo plazo en medio ambiente y desarrollo, incluyendo el consumo y la población, re-estructurando las interacciones sociedad-naturaleza en términos relevantes a la sostenibilidad?
- ¿Qué determina la vulnerabilidad y la resiliencia del sistema naturaleza-sociedad en tipos particulares de lugares y para tipos particulares de ecosistemas y modos de subsistencia?
- ¿Es posible definir “límites” o “fronteras” científicamente sustentados que puedan proveer una alerta efectiva de condiciones más allá de las cuales los sistemas naturaleza-sociedad incurren en aumentos significativos de riesgos de degradación grave?
- ¿Qué sistemas de estructuras de incentivos (incluyendo mercados, reglas, e información científica) pueden ser más efectivos en promover la capacidad social para guiar las interacciones naturaleza-sociedad hacia trayectorias más sostenibles?
- ¿Cómo pueden ser integrados o ampliados los sistemas actualmente operativos de monitoreo e información de las condiciones ambientales y sociales para proveer una guía más útil para pilotear una transición hacia la sostenibilidad?
- ¿Cómo se pueden integrar mejor las actualmente relativamente independientes actividades de planificación, monitoreo, evaluación, y apoyo a las decisiones en sistemas para el manejo adaptativo y el aprendizaje social?

Gallopin, 2002. p. 10

Es necesario reconocer que estas interrogantes plantean problemas que ya no es posible resolver considerando las partes en que se pueden dividir para su estudio por las diferentes disciplinas, es necesario resolverlos mediante una colaboración articulada entre los científicos de las diferentes disciplinas, las empresas, el gobierno y además con el apoyo de la sociedad (Gallopin, 2002).

Muchas de las tomas de decisión involucran el conocimiento de componentes de la ciencia; sin embargo en los cursos de ciencias rara vez se hace mención a qué características hacen a la ciencia una forma de conocimiento que puede aportar elementos de juicio con mayor ventaja que otras formas de conocimiento; sucede que a menudo hay una visión deformada causada por la misma escolaridad, pues la ciencia que se enseña está alejada de la ciencia de vanguardia (Martínez, 2006; Chamizo, 2005) o la interpretación dogmática de la ciencia como “la verdad” por cierto muy frecuente cuando se trata de vender productos de limpieza (de la Peña, 2005).

Aunque hay estudios que indican que el conocimiento de la naturaleza de la ciencia no es tomado en cuenta al momento de hacer juicios y tomar decisiones, pues tienen mayor peso componentes no racionales (emociones, creencias y valores personales) (Acevedo, 2005), también es necesario señalar que estos autores confían (y nosotros confiamos) en que el conocer las características de la ciencia puede darle a los individuos aún más herramientas para la toma de decisiones y en ese sentido participar de manera más activa en sus comunidades, que si no tuvieran ningún conocimiento sobre el tema. De hecho el Consejo Nacional de la Investigación de los Estados Unidos indica como un propósito de la educación científica la alfabetización científica, con el fin de permitirles a los

ciudadanos incorporarse a la discusión pública de asuntos importantes relacionados con la ciencia y la tecnología (NRC, 1996).

Reconocer que la participación de los diferentes actores de la sociedad es necesaria para abordar estos problemas es necesario. Es más, la educación científica “debe proporcionar conocimientos para comprender mejor los mundos natural y artificial por medio de indagación, destrezas y habilidades que son imprescindibles como procedimientos específicos para poder desenvolverse mejor en la vida cotidiana y, asimismo, capacidades para poder participar en las decisiones tecno-científicas que afectan a la ciudadanía...” (Acevedo, 2005 p 125).

Esta opinión también compartida por otros investigadores (Izquierdo, 2000, Adúriz-Bravo, 2002); sin embargo esto es más fácil decirlo que hacerlo. La práctica de las ciencias, por lo menos en el entorno escolar sigue marcada por el positivismo y su intento de fraccionar para conocer (McComas, 1998) -a pesar de las críticas hechas al positivismo y las nuevas propuestas de explicación de los procesos científicos de Kuhn, Feyerabend y Toulmin entre otros (Vázquez, 2001)- y acarrea en la gran mayoría de los casos el continuar con una lógica ingenua del descubrimiento científico, en el que individuos trabajando de manera separada de sus compañeros en los fenómenos del mundo y “preguntándole a la naturaleza” a través de un “método único”, descubren las leyes que rigen al universo (Gómez, 1996), lo que ocasiona que se entienda la ciencia como algo de seres especiales, tocados con el dedo de la verdad y que conocen ciertos arcanos a los que los mortales comunes y corrientes no pueden acceder.

Ante ciertos temas o áreas de investigación hay cierto recelo y desconfianza, como es el caso de las investigaciones con ingeniería genética (Hallman, 2002) o el proyecto genoma humano (Dinh, 1995). Si antes se pensaba en la ciencia como la forma en la cual la humanidad podía aspirar a un progreso hacia mejores estándares de calidad de vida, las críticas feroces a los efectos adversos derivados del uso de sus productos repercuten en un viraje de 180° en la manera en que los ciudadanos se relacionan con ella y cómo la entienden. En México es interesante la difusión en la televisión y la radio de posturas anticientíficas y charlatanas presentadas por los programas esoteristas y de ocultismo o de fenómenos paranormales (de la Peña, 2005) y que nunca o casi nunca han recibido un desmentido de la comunidad científica o al menos una tibia protesta.

1.5.2 La percepción de la ciencia en México

En la encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología en México del año de 1997 (CONACYT, 1998) se encuentra que el 54.8% de la población encuestada cuenta con información escasa en materia de ciencia y tecnología. Es necesario hacer la aclaración que el tamaño de la muestra (2568 personas) y el sitio de muestreo (zonas urbanas), sesgan los resultados de la evaluación (la población urbana es 74.6% del total del país) pues se esperaría que la cantidad y calidad de la información sobre ciencia y tecnología en las zonas urbanas fuera mucho mayor a las zonas rurales.

En el análisis por escolaridad se encuentra que aquellos con estudios de licenciatura o superiores se encuentran mejor informados frente a aquellos de escolaridades inferiores (22.7 % de estudios de licenciatura frente a 12.7 de estudios de bachillerato, o 9.1% de secundaria), sin embargo, de acuerdo con el INEGI, la población con alguna escolaridad de licenciatura o superior en el país es de 18.5% (INEGI, 2005), lo que considerando que el grado de conocimiento promedio de la población del país bien informada en materia de ciencia y tecnología sería bastante inferior a los resultados que indica la encuesta. No es suficiente que la población esté informada, también es necesario que se involucre; sin embargo, de la muestra encuestada sólo el 9% de aquellos que están informados (¡26 personas!) está

involucrado (están capacitados para participar en la formulación de políticas cuando surgen controversias o conflictos) (CONACyT, 1998).

Las expectativas de que la ciencia y la tecnología puedan aportar soluciones a los grandes problemas de la humanidad son favorables para el 77% de la muestra encuestada, sin embargo, por escolaridad la población con estudios inferiores a los de secundaria muestran mayor inquietud sobre el avance de la ciencia y la tecnología (57%) (CONACyT, 1998).

Se ha reconocido que mientras mayor sea la información del público en general sobre la ciencia y la tecnología, la aceptación acerca de los temas de ciencia y de sus agendas, y el apoyo gubernamental y privado a las mismas es más importante (de la Peña, 2005). Para empezar a generar una cultura científica es necesario entonces que los estudiantes tengan conocimiento de cual es la naturaleza de la ciencia que les permita acercarse a ella sin visiones deformadas y despejando los mitos que la rodean sobre las características de los científicos o de sus actividades (Adúriz-Bravo, 2005).

1.5.3 Los mitos acerca de la ciencia

Algunos de los mitos que rodean al ejercicio y la naturaleza de la ciencia han sido excepcionalmente explicados por McComas (1998). Por su claridad en la descripción de estos mitos nos permitimos hacer un resumen libre del desarrollo de su artículo:

- **Las hipótesis se transforman en teorías y luego en leyes**

La mayor parte de la población suele confundir una conjetura (hipótesis) con una explicación (teoría), que tras ser puesta a prueba mediante la experimentación y resultar cierta toma el carácter de ley. A este respecto, tendríamos que decir que las leyes son descripciones de lo que ocurre en la naturaleza (por ejemplo el aumento de la presión de un gas al aumentar su temperatura), mientras que las teorías son intentos por explicar por qué ocurren estos fenómenos (por ejemplo, para el caso anterior los golpeteos entre las partículas de gas y con las paredes del recipiente se pueden interpretar como la presión, y la frecuencia de estas colisiones será mayor mientras mas movimiento tengan, esto es, a mayor temperatura).

- **Las leyes científicas y otras ideas son absolutas**

Este mito involucra dos elementos, aun en aquellos que entienden que las leyes y las teorías son iguales en importancia dado su diferente carácter descriptivo y explicativo, raramente aprecian que la ciencia siempre es una tentativa de explicación; siendo este carácter tentativo casi siempre ignorado.

Otro aspecto es que hay dos tipos de leyes, las probabilísticas y las determinísticas, aunque ambos tipos de leyes son tentativas, en el caso de las leyes físicas estas tienen mayor carácter determinístico (relación causa-efecto) y más seguramente vinculadas, mientras que por ejemplo las leyes biológicas cuentan con factores probabilísticos asociados. El punto sería que cada tipo de ley tiene reglas de aplicación diferentes entre sí.

- **Una hipótesis es una conjetura educada**

La definición del término hipótesis ha tenido un cierto tipo de vida como mantra derivado de su manejo en las clases de ciencias. Si la hipótesis es una conjetura justificada, como lo repiten los estudiantes, la

pregunta que prevalece es, “¿conjetura educada de qué?”. Sin una óptica clara del contexto es imposible saber de que se trata esta conjetura.

Hay tres significados implícitos en el término hipótesis, lo que en principio debería de orientar a sustituir el uso del término por otros más claros o en su defecto a ser cautos en su uso. Por ejemplo, el termino hipótesis puede ser usado como sinónimo de teoría inmadura, como una predicción o como una hipótesis explicativa. A forma de esquema sobre estos significados presentamos la siguiente figura.

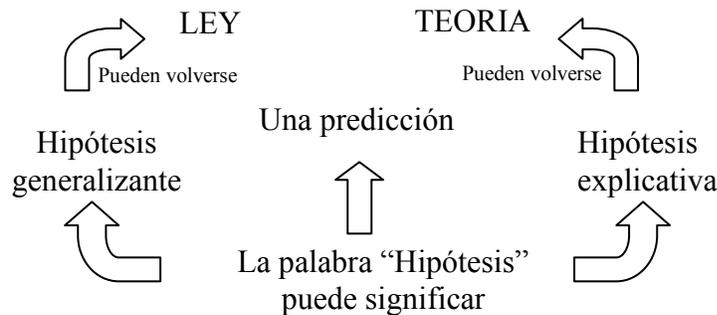


Figura 1 significados y relaciones que puede tomar el término hipótesis

- **Existe un método científico universal**

McComas documenta que este mito tal vez surgió cuando Keeslar hizo una lista de aquellos aspectos asociados con la investigación científica, misma que mandó a varios científicos en forma de cuestionario para su validación. Esta lista que se ordenó de acuerdo con aquellos aspectos que los científicos indicaron que efectúan de manera más frecuente pasó posteriormente a los libros de texto, en los que se indica que estos pasos son “el método científico”.

Otra fuente de este mito pudiera encontrarse en la forma en los científicos estructuran sus informes y a los formatos de publicación de las revistas especializadas. La pulcra apariencia y el orden lógico y secuenciado de las actividades descritas pueden dar la impresión de que hay una *receta para hacer ciencia*.

- **La evidencia acumulada de manera cuidadosa resulta en conocimiento cierto**

A través de la inducción los científicos parten de la información que colectan y tras su análisis consiguen elaborar leyes o teorías. Esta forma de trabajar fue propuesta por Francis Bacon en la que se requiere de un pensamiento original o creativo para conseguir a partir de los hechos establecer relaciones (esto ocurre también en el método hipotético deductivo). Pero el problema es que no se pueden hacer todas las observaciones necesarias de una situación dada a lo largo del tiempo, y sin embargo la única manera de obtener una conclusión válida es precisamente a través de observaciones efectuadas a lo largo del tiempo y todo el tiempo.

En el caso de la biología y la geología es posible darse cuenta de este problema. Las leyes de la biología que conocemos están definidas sólo para el planeta Tierra pero no podemos saber si rigen de la misma forma en otro planeta.

- **La ciencia y sus métodos proveen de garantías absolutas**

El éxito de la empresa científica radica en que sus productos deben ser válidos, sin embargo una característica importante de la ciencia es que el conocimiento está sujeto a revisión cuando hay nueva información. La tentatividad del conocimiento científico hace que éste sea menos dogmático y lo diferencie de otras formas de conocimiento y aunque la acumulación de evidencia apoye o valide una teoría o una ley, nunca es posible probar que las leyes o teorías son verdaderas. Bastaría con un sólo hecho que refute las observaciones que hayan dado sustento a una ley o teoría para descartar éstas.

- **La ciencia es más procedimental que creativa**

Aunque no hay un método único para hacer ciencia, la inducción, la recolección y la interpretación de los datos son la materia prima para la elaboración de leyes y teorías. Si la inducción no es un método garantizado para llegar a conclusiones, ¿cómo es que los científicos elaboran leyes y teorías?

La inducción trabaja con los datos colectados. De repente, algunos observadores perciben patrones en esos datos y proponen una ley, pero no hay un método que permita reconocer estos patrones; con las teorías ocurre lo mismo. Sólo la creatividad de los científicos permite el descubrimiento de leyes y la invención de teorías. Si en verdad existiera un solo método científico, dos individuos que examinaran un cierto fenómeno y que ambos contaran con la misma experiencia y conocimientos llegarían a las mismas conclusiones; sin embargo no hay garantía de esto último pues el rango, la naturaleza y la aplicación de la creatividad son atributos individuales.

Lamentablemente muchas de las orientaciones y métodos de la enseñanza de la ciencia actúan en contra del desarrollo del elemento creativo, por ejemplo las prácticas de “receta de cocina” (Hodson, 1994). Esto desanima a muchos de los alumnos que encuentran agobiantes y fastidiosas las actividades de ciencias en lugar de que sean una empresa que sea excitante.

- **La ciencia y sus métodos pueden responder todas las preguntas**

Los científicos usualmente se refieren a los trabajos de Popper y al falsacionismo como una manera útil para definir aquello que es ciencia de lo que no lo es, en una versión muy resumida, aquellas ideas potencialmente falseables son ideas científicas.

Para aclarar el punto, la ley de la gravitación es científica porque puede ser falseable (negada) si hay evidencia en contra. El creacionismo por otra parte como teoría científica propone que los seres vivos fueron puestos en la tierra por una entidad creadora en sus versiones acabadas, esta idea es imposible de falsear, así que no es posible hablar de que sea científica; en todo caso es una manera de expresar una creencia religiosa que no requiere de ser falseable.

Algunas cosas no pueden ser preguntadas a los científicos, por ejemplo, a pesar de que técnicamente sea posible efectuar la clonación de un ser humano, es la sociedad en su conjunto la que puede decidir si es ético o moral hacerlo.

Los científicos son particularmente objetivos

Los científicos no son seres humanos diferentes a otros, lo que “ven”, está mediado por lo que saben o suponen y en este sentido “observan” es el conocimiento que tienen lo que les dice qué es lo que están viendo.

Comparando lo que hacen los científicos con lo que hacen los alumnos por ejemplo, supondría que bajo la guía del maestro y si las clases son del mismo tipo y el aprendizaje es igual, ante una cierta actividad efectuada en el salón de clases se obtendrían las mismas conclusiones. Esto no ocurre en la ciencia y tampoco ocurre en el salón de clases.

En la historia de la ciencia hay múltiples ejemplos de teorías que se han rechazado por alejarse de lo que en ese momento es aceptado como cierto, como ejemplos podríamos citar el caso de la deriva continental, el sistema heliocéntrico, la teoría infecciosa de las enfermedades, etc.

- **Los experimentos son la principal fuente de conocimiento científico**

Aunque muchas de las actividades del salón de clase están enfocadas a asociar la idea de la experimentación con la ciencia, lo cierto es que estas actividades son más bien técnicas; sin embargo si recurrimos nuevamente a la historia de la ciencia hay múltiples teorías que no están sujetas a la experimentación, como ejemplos tendríamos la teoría de la evolución, que Darwin desarrolló a través de cuidadosas observaciones sobre las que formuló sus propuestas de manera especulativa. El conocimiento científico se obtiene de multitud de formas que incluyen la observación, el análisis, la especulación, la investigación documental y la experimentación.

- **Las conclusiones científicas son revisadas para verificar su exactitud**

Cuando se les solicita la elaboración de reportes a los alumnos se les invita a que sean lo más descriptivos posibles y a que su redacción sea lo más clara posible, de manera que otros puedan repetir la investigación. La conclusión que se extrae de esta forma de trabajar es que los científicos están constantemente revisándose unos a otros.

Desafortunadamente pocos de los hallazgos son revisados, pues los científicos tienen múltiples actividades que en la práctica les impiden la replicación del trabajo de otros. Esto sólo ocurre cuando los hallazgos están tan alejados de lo aceptado como cierto que obliga a la comunidad científica a dejar lo que se está haciendo con el fin de verificar estos hallazgos, como ejemplo reciente tenemos el caso de la fusión fría.

- **La aceptación del conocimiento científico es inmediata**

Existe la suposición generalizada de que si hay una interpretación más precisa de la evidencia la comunidad científica la acepta de inmediato. Sin embargo como se ha presentado en el punto anterior, cuando la idea está alejada del conocimiento aceptado como cierto su aceptación no es rápida ni fácil. A fin de cuentas la ciencia es una actividad humana y como productores de conocimiento, los seres humanos son a su vez árbitros de aquello que pueda contar como conocimiento.

- **Los modelos científicos representan la realidad**

En este punto coinciden tanto científicos como ciudadanos, y está relacionado con la distinción filosófica entre realismo e instrumentalismo. En el realismo el trabajo científico no sólo permite la producción de predicciones exactas sino que realmente representa y/o describe lo que ocurre en la naturaleza; sin embargo, no hay manera de saber si los productos de la ciencia corresponden “verdaderamente” con lo que sucede en la naturaleza, la ciencia se inventó al menos en una parte para buscar las respuestas sobre los sucesos que ocurren en la naturaleza de forma que éstas sean lo más cercanas posible a la “verdad”, pero no hay forma posible de saber cuando ésta se ha encontrado.

Por otra parte, una manera distinta de abordar este punto es que mientras que las ideas científicas funcionen apropiadamente y sean consonantes con la evidencia disponible no importa si corresponden con la realidad o no, las ideas son útiles y describen y ésta es su finalidad, o para decirlo en términos más coloquiales, el objetivo de matar cucarachas es matarlas, independientemente si se usa un zapato o insecticida.

- **La ciencia y la tecnología son iguales**

Mucha gente cree que la televisión, los cohetes o las computadoras son ciencia; sin embargo, uno de los puntos importantes de la ciencia es que ésta no necesariamente resulta en aplicaciones prácticas mientras que los refrigeradores son por supuesto materiales con una finalidad práctica. Los científicos a menudo efectúan investigaciones científicas para resolver retos tecnológicos.

- **La ciencia es una búsqueda personal**

Aunque se acepta que la ciencia se construye con el trabajo anterior, se piensa que los grandes descubrimientos son obra de grandes científicos. Aún los Premios Nóbel reconocen los logros de científicos individuales más que a equipos de investigación; luego se piensa que la investigación es cosa de individuos solitarios y una empresa personal. Los sociólogos han mostrado que salvo casos excepcionales la aceptación de nuevas teorías científicas es más parecida a una negociación que a la revelación de la verdad. Los científicos trabajan en equipos de investigación dentro de comunidades que comparten su manera de pensar pues muchos problemas en ciencia simplemente son demasiado complicados como para que un solo individuo trabaje en su resolución.

1.5.4 Propuestas para enseñar la naturaleza de la ciencia

A pesar de que aún entre los expertos no hay acuerdos entre lo que es la naturaleza de la ciencia (Alters, 1997; Smith, 1997), la discusión de qué deberían saber los ciudadanos sobre la ciencia parece estar superada: se esperaría que entendieran su carácter tentativo, la pluralidad de métodos de los que dispone, la carga teórica de la observación, las relaciones entre ciencia y tecnología, y la ciencia como una empresa histórica y socialmente situada (Adúriz, 2002).

El cómo enseñar la naturaleza de la ciencia es objeto de otro debate, se ha propuesto el uso de actividades de investigación (Garritz, 2006), la inclusión de los temas de naturaleza de la ciencia de manera implícita (Acevedo, 2007; Garritz, 2006) el uso de contenidos disciplinarios que se relacionen mediante sus interacciones con la tecnología y la sociedad (Garritz, 2006).

Adúriz ha desarrollado estrategias de enseñanza de la naturaleza de la ciencia considerando los ejes epistemológico, histórico, y sociológico (Adúriz, 2005). Proponemos que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia puede efectuarse de manera implícita a través de la solución de problemas en el sentido de que la enseñanza de la ciencia debe de hacerse siguiendo los propios métodos de la misma (Hodson en Martínez, 2006; Barr, 1994).

1.5.5 La evaluación del conocimiento de la naturaleza de la ciencia

Considerando que es necesario que los alumnos conozcan qué características tiene la ciencia, tras haber desarrollado la intervención que así lo permita, queda el punto de cómo saber si realmente se ha conseguido que la imagen que han construido de la ciencia corresponda con aquella que se desea. Los instrumentos que se han desarrollado para la evaluación del conocimiento de la naturaleza de la ciencia presentan algunos problemas de acuerdo con el análisis que han efectuado Vázquez y colaboradores (Vázquez, 2006; Acevedo, 2001) y que presentamos a continuación:

- “Los instrumentos reflejan en exceso los prejuicios de sus diseñadores, de manera que las creencias de los investigadores se imponen implícitamente a los participantes, mediante las opciones ofrecidas. De este modo, los resultados terminan atribuyendo a los participantes creencias que son más consecuencia del instrumento aplicado que una representación fiel de las propias.
- La hipótesis de la *percepción immaculada*, que presupone que el investigador y la persona participante perciben y comprenden el texto de un cuestionario de la misma manera. De tal forma que el acuerdo o discrepancia con una frase siempre obedece a las mismas razones imaginadas por los diseñadores del instrumento.
- Los instrumentos normalizados limitan mucho la posibilidad de extraer conclusiones significativas y evaluar los cambios actitudinales, pues es difícil establecer con claridad qué valor numérico de las puntuaciones corresponde a una actitud “adecuada” o “inadecuada”, sobre todo, por su escasa validez de contenido (falta de correspondencia entre lo que se pretende medir y lo que realmente se mide) o por violar la unidimensionalidad de constructo, necesaria en cualquier instrumento para validar los resultados métricos y las correspondientes interpretaciones.”

Con el fin de superar estos problemas, se han desarrollado otros instrumentos que se han elaborado a partir de información recabada con especialistas teniéndose una variedad de formatos, por ejemplo: de respuesta múltiple como el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) (Acevedo *et al*, 2005); cuestionarios con preguntas abiertas como el Nature of Science (NOS) y el Views of Nature of Science (VNOS) en sus formas A, B y C (Lederman *et al*, 2002); entrevistas; e instrumentos que combinan respuestas a ítems de opción múltiple con preguntas abiertas como el Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI) (Liang *et al*, 2006) que se empleará en la presente investigación, y que para su aplicación se ha traducido y titulado como “Cuestionario de conocimiento de la ciencia y la investigación científica”.

Este instrumento ha sido construido a partir de los cuestionarios disponibles en la literatura y ha sido validado mediante entrevistas con participantes en su aplicación. Ha sido probado en diferentes culturas (China, Turquía y Estados Unidos), coincidiendo los resultados obtenidos en cada país.

Este instrumento contempla además los puntos que consideramos que los alumnos deben conocer sobre el conocimiento de la naturaleza de la ciencia:

- Observaciones e inferencias
- Naturaleza tentativa de las teorías científicas
- Leyes científicas contra teorías
- Influencia social y cultural en la ciencia
- Imaginación y creatividad en la investigación científica
- Metodología en las investigaciones científicas

1.6 Los problemas como herramientas para aprender

Se han argumentado varias razones por las cuales se prefiere el uso de los problemas en la educación en diferentes disciplinas como es el caso de la química, en física, etc., pues se supone que su uso permite “aclarar o movilizar los conceptos” (Gil, 1988; Becerra, 2004; Martínez, 2005). También se les ha utilizado para evaluar el aprovechamiento de manera “objetiva” prefiriéndolos sobre otras formas de evaluar y usándolos de manera indiscriminada en los exámenes, concursos, “olimpiadas de conocimientos”, etc. Queda sin embargo la duda si, vistas las características de lo que es un problema, las actividades que hacemos los docentes y los alumnos en clase corresponden realmente con lo que en esencia son los problemas y si realmente estamos con ello ayudando a que los alumnos construyan sus propias teorías y modelos lo más cercanos posible a aquellos aceptados por la ciencia.

El uso de los problemas en la enseñanza de las ciencias tiene una larga historia que en el caso de la química ha sido documentado espléndidamente por Izquierdo (2005) y que resumimos a continuación:

Si en un principio los libros eran al mismo tiempo la forma de promover el conocimiento de la química, también eran obras que en las que se presentaba al público en general las investigaciones de vanguardia. Cuando se produce la reforma del bachillerato en Francia hacia 1820 se incluye un examen de química para aquellos que habrían de hacer estudios en medicina, armas, ingeniería...y química; y es entonces que en los libros aparecen las preguntas que vendrían en los exámenes, y con ellas se incorporan los problemas.

A medida que la población escolar aumentó, se hizo necesaria la incorporación de más docentes para la enseñanza de la química, pero a diferencia de los antiguos maestros que al mismo tiempo estaban inmersos en las investigaciones de problemas de frontera, estos jóvenes docentes, muchos de ellos recién matriculados, explicaban aquello que los estudiantes necesitaban saber para pasar los exámenes de la manera más eficiente posible. Así, la preparación para los exámenes da lugar a libros de texto, los cuales incorporan los problemas en los que hay que calcular fórmulas, determinar estequiometrías, balancear ecuaciones, es decir, se hacen sinónimos el saber química con saber calcular, convirtiéndose esta actividad en el sello característico de disciplinas como la física y la química, más aún que el trabajo experimental. Estos problemas, estos ejercicios de cálculo, se presentan, aún hoy en día como requisitos para demostrar la competencia en la disciplina.

Debe resaltarse que en ese momento histórico estas actividades realmente constituían problemas, pues se desconocía la existencia de las masas atómicas, o aún se tenía duda de la existencia del átomo y por lo tanto de las moléculas. Sin embargo, aún cuando hoy tenemos elementos para poder hablar con más o menos confianza de la existencia de átomos y moléculas, y que estos temas ya no constituyen problemas en la ciencia de vanguardia, siguen siendo los temas que enseñamos los docentes en el aula como “los problemas”, aquello que debe saber el alumno como “cultura química”.

1.6.1 El papel de los problemas en la enseñanza de las ciencias

En principio debemos entender cuales son las características de las actividades que hemos dado en llamar problemas, y que utilizamos de manera rutinaria en el aula (Gil, 1988; Bodner, 2000; Bodner, 2005; Martínez, 2005; Izquierdo, 2005):

- Los enunciados que los estructuran son directivos.
- La información necesaria para la solución está contenida en el enunciado.
- Se pueden resolver mediante una serie de pasos lógicamente secuenciados.
- Se obtiene una respuesta “única” o correcta.
- La respuesta no genera dudas o posibilidades de trasladar el resultado a otras situaciones.

¿Realmente son problemas lo que les presentamos a nuestros alumnos? ¿Cuál es el propósito de estas actividades, si no tienen paralelo con la “vida real”? además, estas actividades ocupan un lugar importante en el tiempo de clase y de las tareas escolares, sin que hasta ahora se obtengan mejores resultados de aprendizaje (Izquierdo, 2005; Gil, 1983). Si -como lo hemos presentado- un problema es esencialmente una situación abierta, en la que hay que buscar los datos, y cuya solución se busca orientándose por criterios inciertos (hipótesis) más que trabajando con los datos o fórmulas.

Debemos considerar entonces a los problemas para aprender como una posibilidad de generar una ciencia escolar -no el sentido de la enseñanza por descubrimiento, que también ha mostrado más desventajas que virtudes en el que si bien se fomenta en el alumno el aprender a conocer, también es cierto que se aprenden “un conjunto de adquisiciones dispersas” (Gil, 1983, p. 30)- sino en el sentido de que los alumnos puedan aprender algunas de las habilidades que ejercitan los científicos en su trabajo (Gil, 1983; Izquierdo, 2005; Chamizo, 2005).

1.7 La propuesta de Toulmin

El filósofo Stephen Eldestein Toulmin puede considerarse como uno de los protagonistas de la revolución de las ciencias junto con Kuhn y Feyerabend. Sus trabajos abarcan temas como el cambio conceptual, la moral en la ciencia y la comprensión de los conceptos, en particular destaca su teoría de la argumentación que ha desarrollado toda una corriente de estudio sobre la retórica y la lógica del discurso (Chamizo, 2007; González, 2005; Atienza, 2005).

Dentro de la corriente crítica al positivismo lógico propone que el conocimiento no surge del ejercicio de la razón pura, sino que el conocimiento evoluciona permitiendo el desarrollo de las teorías más prometedoras (con mayor poder explicativo) y siempre ligadas a un contexto particular (Chamizo, Izquierdo, 2005). Para Toulmin el progreso científico es un proceso orientado por ideales explicativos específicos en el que los conceptos compiten de manera que sólo sobreviven aquellos que intervienen en las mejores explicaciones y propone que son las razones prácticas las que influyen en la evolución de conceptos científicos:

“Es esta genealogía de problemas la que subyace en las otras genealogías por las que puede caracterizarse el desarrollo de una ciencia. **En la secuencia de teorías, los modelos y conceptos posteriores deben su legitimidad al hecho de haber resuelto problemas para los que los modelos y conceptos anteriores eran inadecuados.** En la secuencia de instrumentos experimentales los aparatos arrojan luz sobre cuestiones insolubles si se usan aparatos anteriores. Aún el objeto de estudio en desarrollo –o contenido empírico- de una disciplina científica está regido por esta genealogía

subyacente de problemas. Si distinguimos las ciencias unas de otras por sus respectivos dominios, aún esos dominios deben ser identificados, no por los tipos de objetos que tratan, sino por las cuestiones que plantean acerca de ellos. Cualquier tipo particular de objeto caerá en el dominio (por ejemplo) de la bioquímica sólo en la medida en que sea un tema de cuestiones correspondientemente bioquímicas, y el mismo objeto caerá en dentro del dominio de varias ciencias diferentes según que cuestiones se planteen con respecto a él. La conducta de una fibra muscular, por ejemplo, puede caer en el dominio de la bioquímica, la electrofisiología, la patología, y la termodinámica, ya que pueden plantearse cuestiones sobre ella desde cuatro puntos de vista y en principio, la misma fibra puede ser llevada al ámbito de otras ciencias aún, haciéndola objeto de cuestiones, digamos, de la mecánica cuántica o la psicología.”

Toulmin en Chamizo, 2005. p. 11.

“Lo que impulsa la dinámica de la ciencia es la identificación de los problemas que han de ser resueltos, aquellos que surgen por las diferencias entre los ideales explicativos de una disciplina y la experiencia acumulada de todos aquellos que trabajan en el marco de la disciplina, que saben los que se puede llegar a hacer y explicar con sus conocimientos profesionales y conocen las posibilidades de su repertorio de conceptos”

González, 2005. p. 2

Entonces los problemas científicos se presentan cuando durante el desarrollo de una disciplina, los conceptos y las capacidades actuales de los científicos están limitadas para explicar cierto aspecto en particular de la disciplina (Chamizo, 2007; González, 2005; Chamizo, 2005; Izquierdo, 2005):

PROBLEMAS CIENTÍFICOS = IDEALES EXPLICATIVOS – CAPACIDADES CORRIENTES

Ya se ha discutido anteriormente que estas capacidades corrientes comprenden las habilidades, conocimientos procedimientos e instrumental que tienen aquellos que se enfrentan a un problema. Se tiene un problema en tanto estas capacidades quedan limitadas en su capacidad de explicación. La explicación se efectúa a través de los conceptos, por ello un problema presenta el triple problema de la creación o modificación de conceptos en sus tres aspectos:

1. El lenguaje
2. Las técnicas de representación (exhibición de las relaciones generales entre los objetos, sucesos y fenómenos naturales, no sólo los modelos matemáticos; también las gráficas, diagramas, árboles taxonómicos, etc.)
3. Los procedimientos de aplicación de la ciencia.

Si recurrimos a su aplicación en el entorno escolar, concebir a un problema para aprender es entender que el alumno tendrá que poner en juego sus conocimientos para poder modificar sus propias concepciones y construir o adquirir un nuevo lenguaje para explicarlas, desarrollar los modelos aplicables a las mismas en ciertas condiciones contextuales (su ámbito de aplicación).

Si un problema se presenta cuando en una situación convergen los tres aspectos de los conceptos – lenguaje-representación-aplicación-, la solución del problema puede darse atendiendo a tres formas de solución: refinando el lenguaje, las representaciones teóricas o la experimentación.

Ésta es la apuesta de Toulmin para explicar como se resulten los problemas en la ciencia y bajo esta óptica se puede aplicar esta explicación también en la enseñanza de las ciencias (Chamizo, 2007). Ya

hemos visto que los criterios de lo que constituye un problema; sea la familiaridad, el umbral de problematicidad o la capacidad de memoria; tienen serias limitaciones y no pocas contradicciones.

Considerando la propuesta de Toulmin las dificultades anteriores quedan subsanadas: tenemos un problema cuando nuestras capacidades corrientes están limitadas en su poder explicativo y están presentes los tres aspectos que caracterizan a los conceptos, de otra forma sólo tenemos ante nosotros un ejercicio. A manera de muestra, reproducimos a continuación el análisis de varios tipos de problemas considerando los criterios conceptuales de un problema de acuerdo con Toulmin (Chamizo, 2007)

Tabla 2
Ejemplos de ejercicios y problemas usados en un curso de Química General
(L= lenguaje, R= representación, A=aplicación) (Garritz, 2001)

Ejercicios y problemas	Aspectos distinguibles de los conceptos científicos		
	L	R	A
1.- Una muestra de Helio ocupa 400 mL a una presión de 500 torr ¿Cuál será su volumen cuando se duplique la presión a la misma temperatura?	X	X	
2.- La anilina o fenilamina sirve para teñir telas, se puede obtener por la reducción del nitrobenzeno con hierro metálico, en ácido clorhídrico. Asigna con cuidado los números de oxidación en los átomos de la anilina	X	X	
3.- ¿Cómo se puede saber cuál es el contenido de alcohol de las principales cervezas mexicanas?	X	X	X
4.- Hierve media taza de agua e introduce en ella una bolsa de té negro durante unos minutos. Extrae la bolsita de té. Divide el té en cantidades iguales en dos vasos de cristal. Agrega a uno de los vasos unas gotas de limón (un ácido). Disuelve en el otro unas gotas de los productos empleados para destapar caños (una base). Compara el color de ambos vasos	X	X	
5.- La hidrólisis de un polipéptido arroja los siguientes fragmentos (Glu-Ser), (Glu-Ser-Phe), (Ile-His-Leu-His-Ala-Glu),(Phe-Gly-Ala). ¿Cuál es el polipéptido?, ¿Cuál es su fórmula mínima?, ¿Por qué se obtienen estos fragmentos y no otros?, ¿Cuál es la función de ese polipéptido en el metabolismo humano?, ¿Cómo se sabe que cumple esa función?	X	X	X
6.- Investiga en que consisten las enfermedades producidas por la carencia o insuficiencia de vitaminas, enfoca sobre todo tu atención en las siguientes: a) Beriberi b) Pelagra c) Escorbuto d) Raquitismo			X

Cursivas para modificar el enunciado original y ajustarlo a un problema

Podemos ver en la tabla 2 que hay actividades teóricas (1, 2, 5, 6), experimentales (3,4), ejercicios (1, 2, 4, 6) y problemas (3, 5).

1.8 Los ejercicios y los problemas, la transformación de los ejercicios en problemas

Los ejercicios de los textos tradicionales pueden transformarse en verdaderos problemas para aprender si se considera la propuesta de Toulmin, a continuación presentamos un ejemplo de ésta transformación:

Ejercicio Tradicional:

“Una muestra de 1.036 g de una sustancia orgánica (con un doble enlace) que solo tiene carbono, hidrógeno y nitrógeno se quema y se forman 2.116 g de dióxido de carbono y 1.083 g de agua. Se sabe también que 0.1366 g del compuesto fijan en su molécula todo el bromo que hay en 66.2 cm³ de agua de bromo (que contiene 3.83 g de bromo por cada litro de disolución). Si cada mol de compuesto fija un mol de bromo (en su molécula), deducir:

1. La fórmula empírica
2. La fórmula molecular”.

El problema con esta actividad es que se determina la condición de la absorción de bromo a la fijación de un mol de bromo por mol de compuesto, con lo que simplifica en exceso el problema y lo reduce a un ejercicio de cálculo, pues las otras actividades que han de hacerse (la evaluación de moles de C, H y N y de la masa de estos elementos en la muestra es un ejemplo de trabajo algorítmico).

Si se hace el siguiente cambio:

“Se ha obtenido y purificado una sustancia nueva y es necesario conocer su fórmula. La sustancia es un sólido blanco, de bajo punto de fusión, que decolora el agua de bromo. Al quemarla se forma dióxido de carbono, agua y nitrógeno. En el análisis elemental por combustión, una muestra de 1.036 g forma 2.116 g de CO₂ y 1.083 g de H₂O. Además, se vio que 0.1366g del compuesto fijan todo el bromo (que contiene 3.83 g de bromo por cada litro de disolución)

Os pedimos que reflexionéis sobre las preguntas siguientes y que intentéis resolverlas de manera justificada.

- ¿Cuál es la fórmula empírica de la sustancia?
- ¿Hay indicios de que esta sustancia esté formada por moléculas?
- ¿Cuál podría ser la fórmula molecular, se puede conocer con seguridad?
- Explicad por qué es importante conocer la fórmula molecular de las sustancias y por qué son tan limitadas las posibilidades de conseguirlo.”

Izquierdo (b), 2005. pp. 256-257.

Veremos que hay la necesidad de entender el concepto de molécula y sus implicaciones en las propiedades de las sustancias. Difícilmente se le puede considerar un ejercicio algorítmico (aunque una parte de él si lo sea) pues establece elementos de incertidumbre en su solución total, y promueve el entendimiento de los conceptos: no se trata de dar un resultado numérico, se trata de explicar y comprometerse con esa explicación, indicando sus limitaciones. Para decirlo en términos de Toulmin, ante las capacidades corrientes (la parte de cálculo algorítmico, la estequiometría, la generación de una estructura para el compuesto) surgen interrogantes que confrontan al que resuelve con ciertos ideales explicativos: ¿El compuesto está constituido por moléculas? ¿Cómo serán éstas? ¿Se puede asegurar que existen?, etc.

Se esperaría que el alumno se hiciera consciente de las representaciones que están en juego y conectara los conceptos y sus representaciones con un uso, una aplicación que permitiría darle sentido a los conceptos en el mundo real, que es donde los conceptos y sus representaciones cobran sentido, lo que concuerda no sólo con la propuesta de problema de Toulmin, sino que también empata con las

características que se han propuesto por otros autores (no hay un camino a seguir y es una situación abierta).

1.9 Los problemas para aprender y la ciencia escolar

La ciencia ha dejado de considerarse como un conjunto, ordenado de conocimientos para dar paso a una definición más rica: la ciencia es una actividad humana, que se ejerce en función de los valores epistémicos como criterios de verdad y validez, y de los valores culturales de la sociedad en la que se desarrolla; en ella los científicos participan haciendo uso de su creatividad más que de reglas axiomáticas. Es deseable pensar la ciencia se desarrolla más que en un racionalismo fuerte (la lógica axiomática e inductivista) en un racionalismo moderado (el conocimiento como se ha indicado surge en un contexto cultural determinado y se desarrolla a partir de explicaciones tentativas) (Izquierdo, 2000; Adúriz, 2005).

Esta idea de la ciencia como actividad humana puede ayudar también a entender las clases de ciencias en el mismo sentido y ayudar a construir la idea de ciencia escolar (Izquierdo, 2000; Izquierdo, 2005). En el aula, al igual que en ciencia, es necesario promover la creación del conocimiento de los alumnos a través de la propia actividad, con problemas que sean razonables para los alumnos (tengan un fundamento práctico) y que pongan en juego sus conocimientos (sean racionales). Estos problemas para aprender no pueden ser cualquier tipo de problema, sino que están siempre ligados a un contexto particular y que es necesario resolver por buenas razones.

En muchos programas de estudio se busca que lo que aprende el alumno tenga eco en su vida diaria; así se ha dado un fuerte énfasis en el contexto de aplicación de lo que se aprende. Sin embargo, si reconocemos que los problemas en la ciencia pueden tener un paralelo en la ciencia escolar, el conocimiento en ciencia se genera siempre ligado a un contexto, el conocimiento no se crea a partir de la inferencia lógica (preguntándole al mundo) sino que avanza resolviendo problemas que surgen bajo un contexto determinado. Entender como una novedad el aprendizaje contextualizado no tiene ningún sentido

Como se ha indicado, para Toulmin los conceptos están constituidos por el lenguaje (somos dueños de nuestros pensamientos, pero las palabras las compartimos con otros seres humanos), las técnicas de representación o modelos y por la aplicación que podemos hacer de ellos, sea para explicar un fenómeno como ocurre con la ciencia de vanguardia (y en el caso de los alumnos aprender a construir explicaciones del mundo plausibles con los modelos y teorías aceptados por la ciencia) o más propiamente para intervenir en el mundo, como es el caso de tecnociencias como la química (Chamizo, 2005; González, 2005; Izquierdo, 2005).

1.10 El papel de las preguntas en el aprendizaje basado en la solución de problemas

Si Laudan propone que la ciencia avanza resolviendo problemas (Colombo, 1997), y Toulmin que el conocimiento se construye resolviendo estos problemas al enriquecer el lenguaje, modificar los modelos a los que son aplicables y encontrar las aplicaciones pertinentes a este conocimiento (Chamizo, 2005; Izquierdo, 2005), no es menos cierto que la solución de un problema inicia con el planteamiento formal del mismo expresado en forma de una pregunta. La construcción del conocimiento entonces se puede dar respondiendo a ciertas preguntas (Roca, 2005; Roca (b), 2005). Creemos que el aprendizaje puede promoverse de manera efectiva si se le ayuda al alumno a aprender a plantearse preguntas (Roca, 2005; Chamizo (b), 2000).

Sin embargo, formular buenas preguntas es una tarea difícil. A pesar de que los alumnos no trabajan con la información de manera pasiva, parece ser que al entrar a la escuela dejan de hacer preguntas (Penzias, citado por Visser, 1999) o peor aún han perdido la curiosidad por la investigación (Giordan en Martínez, 2006). A menudo los alumnos que han sido acostumbrados a memorizar información están más preocupados por los datos inmediatos que por plantearse preguntas que entrañen un cuestionamiento de sus creencias o por buscar una respuesta por simple curiosidad (Roca, 2005).

Los textos mismos favorecen esa tendencia en el sentido de que al insertarse en la tarea de “resolver problemas”, las preguntas están orientadas a la solución de tareas algorítmicas (Salas, 2006). Es más, los maestros no promueven la generación de preguntas y se dan por satisfechos si las preguntas formuladas son superficiales (Graesser, 2006) o si las respuestas a las preguntas reproducen lo visto en clase (Roca, 2005).

Es deseable que los alumnos sepan construir preguntas, pues es en la construcción de éstas que se da inicio al planteamiento de problemas para aprender, que sirvan para guiar su aprendizaje de manera autónoma; además que es esta tarea, esta elaboración de preguntas, una actividad característica del trabajo científico. Podemos recuperar en este sentido la anécdota de Isaac Rabi, ganador del Premio Nobel de física en 1944, quien pensaba que su mayor merito era saber preguntar. Además, cuando se entrena a los alumnos en la construcción de buenas preguntas y su solución, los alumnos mejoran sus habilidades de comprensión lectora (Graesser, 2006).

En la escuela, las preguntas buscan reconocer no tanto el conocimiento profundo del tema sino confirmar que el alumno ha entendido. Algo similar ocurre en los libros de texto (Izquierdo, 2005; Salas, 2006); es notable que en los libros hayan pocas preguntas orientadas a la predicción, la gestión o la opinión (Vidal, 2005; Roca (b), 2005). Pero los alumnos no son reproductores del conocimiento, sino que trabajan activamente construyendo preguntas de manera que la información que reciben tenga sentido.

Si la ciencia avanza resolviendo problemas en contextos determinados, y si estos problemas pueden expresarse a través de preguntas, entonces debe de ser posible promover en los alumnos el desarrollo de problemas para aprender a través de las preguntas que sobre un tema en particular ellos mismos se formulen.

Las preguntas que se formulan a los alumnos en un texto pueden favorecer su aprendizaje dependiendo si son preguntas inferenciales o de respuesta explícita (Vidal-Abarca, 2005; Vidal-Abarca, 2004). Las preguntas inferenciales apuestan a construir relaciones a lo largo del texto, requiriendo del lector una comprensión profunda, mientras que las preguntas de respuesta explícita apelan al dato, cuando éste se ha localizado los alumnos dejan de lado el análisis del texto. Entonces, lo que habría que promover en los alumnos es la capacidad para generar preguntas inferenciales, en las que expresen la curiosidad que nos producen a los seres humanos algunos acontecimientos a los que podemos tener acceso sensorialmente o bien reflexivamente.

Sea cualesquiera de estos casos, la forma de la pregunta es una medida de cuán profundo aspiramos a conocer. En este sentido hay preguntas que son más prometedoras que otras y la manera en la que se formulan las preguntas puede ser evaluada (Chamizo (b); 2000). En este entendido, compartimos la idea de Chamizo e Izquierdo (2007) de que una competencia de pensamiento científico que es importante que el alumno posea es la elaboración de preguntas. Si podemos enseñarles a nuestros

alumnos a formularse preguntas que les permitan aprender por si mismos estaremos más cerca de resolver el “problema del aprendizaje autodirigido”.

Aunque los alumnos se formulen preguntas, no todos los tipos de preguntas son igualmente prometedores por cuanto hace a la tarea de aprender; dependiendo de la forma en que se formulen pueden ser preguntas cerradas, preguntas clave, preguntas semi cerradas, y preguntas abiertas (Roca, 2006; Chamizo (b), 2000). A continuación presentamos algunos ejemplos de este tipo de preguntas:

- Preguntas cerradas: apelan al conocimiento del dato inmediato, sin relación con un contexto determinado y son muchas veces estas preguntas las que aparecen en los libros (Izquierdo (a), 2005; Roca (b), 2005). Como ejemplos de este tipo de preguntas podríamos tener las siguientes:

¿Dónde se firmó el tratado McLane-Ocampo?

¿Qué es un elemento?

- Preguntas semiabiertas: Son preguntas que exploran más información que aquellas que buscan sólo un dato, propician la reflexión sobre lo que se estudia y apelan a intervenir o transformar. Como ejemplos podemos tener las siguientes:

¿Cómo influye la temperatura del agua en la reproducción de los peces Beta Splendens?

¿Cómo podemos encontrar alacranes?

- Preguntas clave: son preguntas que buscan acercar al alumno a una visión de la ciencia como actividad que busca responder problemas que la realidad plantea, por ejemplo:

“¿Cuál puede ser la causa de la peste?

¿Cómo es que aparece en los barrios pobres, donde se hacina mucha gente?”

Roca, 2005. p.. 74.

- Preguntas abiertas: La respuesta requiere de un párrafo al menos para ser contestada y generalmente necesita de un acopio de información de varias fuentes, siendo correcta cuando está de acuerdo con la literatura existente. Como ejemplo tenemos las siguientes:

¿Qué pasará si siguen utilizándose combustibles fósiles?

¿Por qué se ven dos capas de aire si se ve la Ciudad de México desde la salida a Toluca?

Las buenas preguntas tienen un carácter mediador, funcionan como una fuente de la cual extraer otras preguntas (por eso se considera que tienen un carácter inductivo), que delimitan y acotan a la pregunta principal (Márquez, 2005). Las buenas preguntas también pueden hacer explícito parte del conocimiento previo de los alumnos (Chamizo (b), 2000).

Chamizo y Hernández ha desarrollado un registro de aprendizaje que permite evaluar las características de una pregunta de acuerdo con los criterios establecidos anteriormente, mismos que reproducimos a continuación:

Tabla 3 Registro de aprendizaje sobre las preguntas

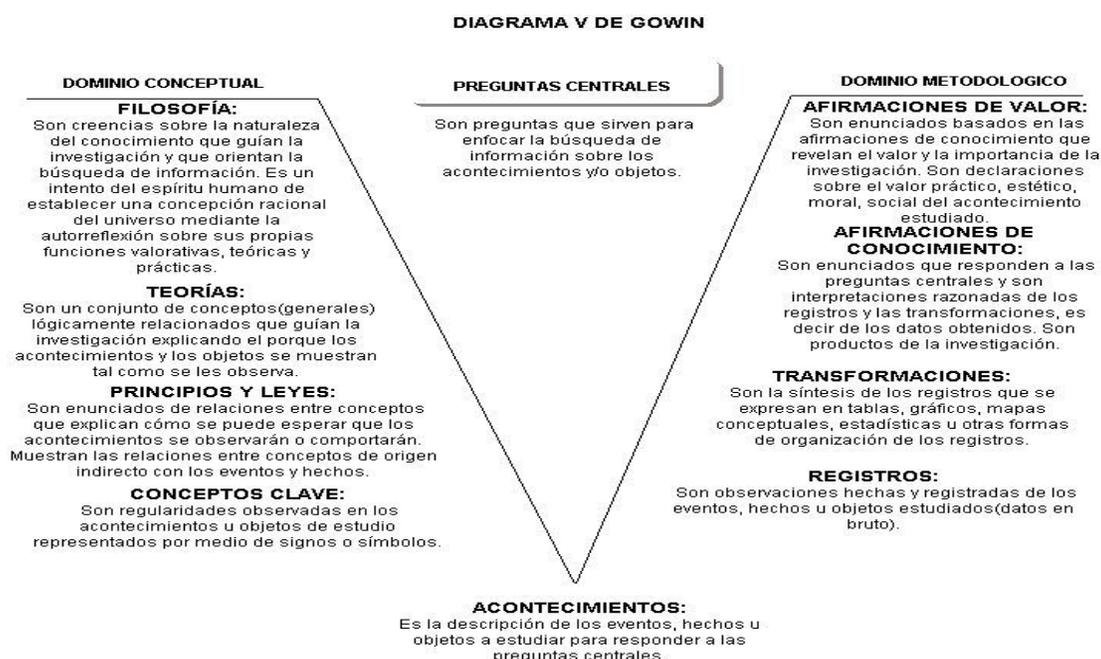
Preguntas cerradas (1 punto)	Preguntas semiabiertas (2 puntos)	Preguntas abiertas (3 puntos)
<ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se puede contestar en una o dos palabras • La pregunta está escrita en una determinada página de un libro o en un cuaderno de apuntes • La respuesta puede ser correcta o equivocada • La pregunta empieza con QUE, DONDE o CUANDO 	<ul style="list-style-type: none"> • La pregunta requiere generalmente de una o dos oraciones para ser contestada • La respuesta no está en un lugar determinado de un libro o de un cuaderno de apuntes. Sin embargo si se entiende el material que en ellos presenta se está en posibilidad de responderla • La respuesta puede ser correcta si esta bien explicada pero también puede estar equivocada • La pregunta generalmente empieza con CÖMO 	<ul style="list-style-type: none"> • La pregunta requiere de un párrafo para ser contestada • La respuesta no se encuentra en un solo libro o en un cuaderno de apuntes • Las respuesta generalmente es correcta si está de acuerdo con la información aparecida en los libros o el cuaderno de apuntes y está bien explicada. • La pregunta inicia con POR QUÉ o QUÉ PASARÍA SI

Chamizo (b), 2000. p. 183

1.11 Instrumentos auxiliares en la resolución de problemas

Una manera de guiar el desarrollo de la investigación para resolver el problema planteado por una pregunta es usar herramientas que le permitan al alumno organizar su conocimiento. Dentro de estas herramientas destacan los mapas conceptuales (Chamizo, 1995) y la “V” epistemológica (figura 2), desarrollada por Gowin y Novak (Chamizo, 2000). En ella se expresan: la pregunta en la parte superior, los acontecimientos que la sustentan en el lado inferior, del lado izquierdo las posturas teóricas que pueden sustentar su explicación, y en el lado derecho las actividades metodológicas que permitirán su solución.

Figura 2 La “V” epistemológica



Ayma, 1996. p. 170

Aunque se ha reconocido su valía -en particular en el trabajo experimental- presenta algunas dificultades en su aplicación lo que la hace de difícil manejo para estudiantes de bachillerato (desconocimiento de la filosofía subyacente, dificultad para distinguir entre teorías y leyes). En su lugar proponemos el uso del diagrama heurístico (Chamizo, 2007) el cual se presenta en la figura 3, para ayudarles a los alumnos a abordar la resolución de un problema expresado a través de una pregunta y que les permitan guiar sus investigaciones de manera autónoma.

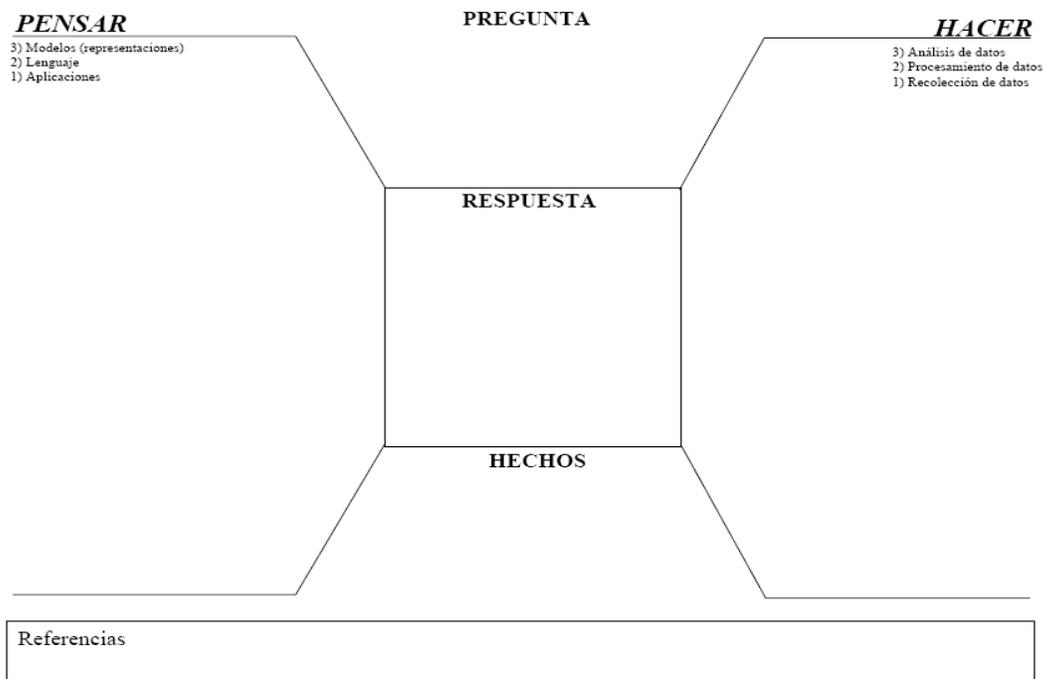
Las ventajas del uso de esta herramienta son:

- Hace explícita la relación de las preguntas con los hechos que la sustentan y reconoce el origen de estos hechos.
- Muestra las relaciones entre el pensar -en términos de Toulmin: el desarrollo de conceptos, sus modelos y las aplicaciones a las que son útiles esos modelos- en función de los intereses del alumno que lo motivaron a presentar cierto problema enunciado como pregunta
- Muestra la forma en la cual se intenta dar respuesta a la pregunta (resolver el problema), a través de una metodología de solución en la que se indica como se hará acopio de los datos, que transformaciones son necesarias para poder observar las regularidades que hubieran e interpretar éstas y hacer un análisis de la información obtenida para buscar la solución del problema.
- Incorpora la solución del problema mediante una respuesta a la pregunta que surge de la asociación de los conceptos y sus modelos con la metodología necesaria para obtener la información pertinente.

De esta forma, al usar el diagrama, los alumnos están en condiciones de poder reproducir la manera en la cual abordaron la solución del problema, y al mismo tiempo comparar sus tentativas de solución.

Un ejemplo del diagrama heurístico lo presentamos en la siguiente figura:

Figura 3 Diagrama Heurístico propuesto por Chamizo e Izquierdo (2007)



En este instrumento, se busca que los alumnos aprendan que el saber se da como un todo integrado, en el que se articulan los hechos que originan una pregunta. Los hechos mismos pueden dar indicios como tratar de resolver la pregunta, plantean los conceptos que la sustentan y son el referente para la construcción o generación de nuevos conceptos, en un contexto donde son aplicables. El tratamiento del problema, requiere por otra parte no sólo de la obtención de datos, sino de hacerlos inteligibles para el que resuelve a través de su transformación, lo que puede hacerse por medio de tablas, mapas conceptuales, diagramas o esquemas, etc., y al hacer el análisis de esta información buscar una respuesta que satisfaga la pregunta generada.

Toda la actividad desplegada en la labor de resolver la pregunta tiene un análogo en la actividad científica (formular preguntas, recabar información de manera sistemática, generar modelos que permitan la explicación de los fenómenos) y es por ello que pensamos que el uso sistemático puede promover “competencias de pensamiento científico” (Chamizo, 2007)

1.12 El aprendizaje basado en la solución de problemas

El uso de los problemas tipo y de los ejercicios de aplicación han demostrado su falta de efectividad en la enseñanza, lo que ha derivado en otras propuestas didácticas (Campanario, 1999): Aunque la idea de trabajar con problemas es bastante antigua pues Dewey la había planteado ya a inicios del siglo XX (Westbrook, 1993), su implementación y desarrollo institucional es relativamente reciente. El modelo de mayor éxito se desarrolló en la escuela de medicina de la universidad de McMaster en Canadá durante las décadas de 1960 y 1970, como consecuencia de que los alumnos que estudiaban en las clases tradicionales por materia (fisiología, anatomía, farmacología, etc.) tenían serios problemas a la hora de integrar estos conocimientos en la práctica clínica (Savery, 1995; Morales, 2004; Font, 2004).

El éxito conseguido con este modelo de docencia fue tal que no pasó demasiado tiempo en extenderse a otras escuelas y disciplinas diferentes a la práctica médica en otros países e incluso en otros continentes (Morales, 2004). Se han indicado como ventajas que se obtienen de la aplicación del aprendizaje basado en problemas (ABP) el que los alumnos son capaces de aprender a dirigir su aprendizaje, recurren al uso de diversas fuentes documentales, participan activamente en trabajo cooperativo, trabajan en entornos realistas y desarrollan actitudes dinámicas poniendo en juego su creatividad e iniciativa (Colliver, 2000; Norman, 2000; Albanese, 1993).

Sin embargo la aplicación del ABP no ha dejado de ser polémica. Albanese (1993) indica que la evaluación de los resultados obtenidos por el ABP es algo complejo pues hay varios tipos de ABP; hay pruebas limitadas para demostrar que el modelo ABP es más eficaz que el modelo tradicional, aunque los alumnos de modelos ABP tenían más probabilidades de adoptar enfoques de aprendizaje profundo y de controlar su propio aprendizaje, y algo importante: tanto docentes como alumnos disfrutaban las actividades en el modelo ABP.

Colliver (2000) indica que aunque los educadores médicos refieren que el trabajar con ABP es ciertamente más desafiante divertido y motivador - en lo que parecen coincidir los estudiantes- la superioridad de enseñanza PBL es menos clara. En contraste, Norman (2000) indica que las metodologías de comparación utilizadas en el mejor de los casos darían una ventaja relativa a la educación tradicional en virtud de que las medidas usadas se refieren a exámenes de conocimientos calificados mediante cuestionarios de respuesta múltiples y que las ventajas directamente relacionadas con el ABP no pueden compararse por no haber metodologías que evalúen otros aspectos del ABP.

Albanese (2000) replica los hallazgos de Colliver resaltando la tendencia a memorizar del currículo tradicional, y que no sorprende que los alumnos de modelos ABP no obtengan resultados sensiblemente mejores que los alumnos de modelos tradicionales. En el mejor de los casos, -dice Albanese- hace falta investigación para identificar que aspectos promueve ventajosamente el ABP.

Existen diferentes modelos de lo que se puede concebir como el aprendizaje basado en problemas, pues puede considerarse que la investigación dirigida, los estudios de caso, o las preguntas de los alumnos son todas ellas actividades que buscan estimular y promover el aprendizaje a través de la solución de un problema en particular. A reserva de detallar las características que tienen estas estrategias en el aprendizaje basado en la solución de problemas, en todas ellas hay coincidencias en la forma en la cual debe efectuarse el trabajo en el aula y cuál debe ser el papel de los diferentes actores durante el proceso de enseñanza aprendizaje.

El aprendizaje está centrado en el alumno

El maestro actúa como tutor, y los alumnos son los que regulan su ritmo de aprendizaje identificando sus necesidades de aprendizaje (qué temas deben de estudiar, dónde conseguir la información, comparar y contrastar esta información con otras fuentes). Estas necesidades de aprendizaje están guiadas por los propios intereses de los alumnos con lo que cada estudiante puede personalizar su aprendizaje.

Los alumnos deben de desarrollar las herramientas necesarias para conseguir la solución del problema. Puede suceder que nos encontremos como docentes dándoles un atajo (sugiriéndoles formas de ataque del problema y/o recomendándoles lecturas) a los estudiantes con lo que les quitamos la posesión de un saber hacer que es la base de la solución de los problemas, esa parte sutil que en la propuesta enseñar problemas considerando lo que hacen expertos y novatos, da la maestría al primero y lo prepara para encarar situaciones diversas en la vida.

Los profesores son facilitadores o guías

En el aprendizaje basado en problemas el maestro actúa como un tutor, les ayuda a los alumnos a plantearse las preguntas clave para el desarrollo de las actividades de aprendizaje que les permita encontrar por ellos mismos la mejor manera de entender y manejar el problema. Aunque hay una gran tentación en dar guías o información que les ayude a los alumnos a trabajar con el problema, el docente debe estar atento a que esta práctica en lugar de favorecer el aprendizaje y la creatividad del alumno lo que hace es reforzar de un modo si se quiere más sutil la dependencia de los alumnos.

El docente debe mostrar al alumno un genuino interés en la forma en la cual acomete el problema y propiciar un ambiente que favorezca la indagación. Se debe valorar el reto intelectual ante el que se encuentra el alumno y a diferencia del método socrático (el maestro sabe cuál es la respuesta correcta y guía al alumno hacia la obtención de la misma) la interacción social es la que promueve el aprendizaje (considérese la propuesta de la zona de desarrollo próximo de Vygotsky).

Debe promover en los alumnos el desarrollo del pensamiento y de sus capacidades de razonamiento (solución de problemas, metacognición, pensamiento crítico) mientras aprenden y ayudarlos a ser independientes y aprendices autodirigidos (aprendiendo a aprender, administrando su aprendizaje). Durante las sesiones debe modelar el razonamiento de alto nivel a través de las preguntas ¿por qué? si, está bien, pero...¿qué quieres decir? ¿Cómo sabes que es cierto? Debe enfatizar la interacción con los

estudiantes a nivel metacognitivo, y evitar usar su conocimiento sobre el tema para contestar preguntas que guíen a los alumnos a la respuesta “correcta”

Los problemas forman el foco de organización y estímulo para el aprendizaje

Es a través del entendimiento del problema, de la clarificación de lo que se quiere hacer, que se obtiene una propuesta de solución que guía las necesidades de aprendizaje de los alumnos. Si son los alumnos los que hacen su aprendizaje, el problema define hacia donde va el aprendizaje, es por ellos que es sumamente importante el diseño del problema, que no sea un mero ejercicio de cálculo o que promueva el uso de heurísticas sesgadas. Además debe retar la imaginación y las concepciones de los alumnos de manera que las ideas y preconcepciones de los alumnos sean retadas “desde adentro”, promoviendo un cambio conceptual real.

El problema debe ser real; puesto que los alumnos están abiertos a explorar todas las dimensiones del problema hay una dificultad real en crear problemas artificiales con información consistente; los alumnos se comprometen más si hay un contexto de familiaridad con él y deben tener la posibilidad de explorar otras posibles respuestas que se hayan formulado y que les permitan comparar sus resultados.

Durante la presentación del problema no debe de presentarse información relevante que sesgue la atención hacia factores críticos que deban considerarse durante el proceso de solución.

Puesto que el conocimiento es socialmente negociado es importante promover la discusión y el debate de las ideas alternativas propias y ajenas, y su aplicación en ambientes diferentes. La profundidad del entendimiento se prueba en el debate y la argumentación.

El trabajo colaborativo es una característica del ambiente de aprendizaje que promueve el debate y confrontación de las ideas propias y permite conformar comunidades de aprendizaje efectivas.

El problema debe de tener una meta clara y bien definida, y su realización debe de ser alcanzable por el alumno, pues mientras más éxito haya en la consecución de una tarea los riesgos que los alumnos toman son mayores y hay mayor compromiso con las actividades y el propio aprendizaje.

El problema debe de pertenecerle auténticamente al alumno, debe de haber un interés genuino en su solución pues solo así se conseguirá que haya un compromiso en abordarlo y buscar una solución.

El problema debe permitir una autentica actividad de aprendizaje, no se trata de que los alumnos hagan ciencia de vanguardia o descubran el mundo nuevamente, pero si debe de contemplar los mismos retos cognoscitivos a los que se enfrenta el científico (buscar información, clasificarla, generar hipótesis y contrastarlas experimentalmente)

La nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido

No es necesario repetir aquí que la educación para el mañana requiere no de mentes de enciclopedia, sino de que los individuos sean capaces de adquirir información y usarla para tomar decisiones, y aprender a aprender de manera autónoma a lo largo de la vida (Teichler, 1998; PISA (a), 2004; Martínez, 2005; Garritz, 2005), por ello en esta forma de docencia es de especial importancia que sea el alumno quien decida de qué manera, con qué medios y basado en qué criterios decide conseguir la información que le es relevante y que confronte esta información con el mundo real en el que se desarrolla el problema. Esta información pasa no sólo por los filtros de relevancia del alumno, además

es presentada al grupo de trabajo en el cual se discute, compara y revisa, dando lugar a un debate permanente sobre lo que se aprende.

Los medios y recursos que se consideren importantes pueden ser elegidos de manera libre, lo que no significa que el docente no pueda proponer actividades que refuercen ciertos aprendizajes. El uso de series de ejercicios, o la elaboración de monografías o ensayos no está prohibido, pero su uso debe ser claro para los alumnos.

1.12.1 Estrategias para promover el aprendizaje basado en la solución de problemas

Se consideran básicamente tres modelos de aprendizaje basados en la solución de problemas desde la perspectiva de la propiedad del problema: los estudios de casos, la investigación dirigida y los problemas autogenerados, pueden haber más propuestas didácticas pero serán combinaciones de éstas.

El estudio de casos

Aquí los problemas se establecen en función de un escenario directamente presentado a los estudiantes (el escenario es la situación problemática a partir de la que se inicia la reflexión y las tareas de aprendizaje). Es el modelo más ampliamente usado en la enseñanza de la medicina y consiste en el estudio de historias clínicas, la presentación de pacientes reales o ficticios, o la revisión de sucesos históricos. En esta propuesta se trata de encontrar una solución trabajando directamente con el caso, y aunque en principio el alumno no tiene propiedad sobre el problema, su solución dada por una buena razón para acometerlo (en el caso de los médicos es la salud de un paciente) permite estructurar las estrategias que les permiten lidiar con el. Se ha usado también en las escuelas de negocios y en ingeniería.

La investigación dirigida

El docente propone situaciones problemáticas a los alumnos, que generen interés en los alumnos y proporcionen una concepción preliminar de la tarea, siendo estas situaciones el escenario del cual surgen las preguntas. Los alumnos plantean estudios cualitativos que contemple las situaciones límite y el grupo trabaja de manera colaborativa en su solución. Se busca que se trabaje científicamente emitiendo hipótesis que deben de ser contrastadas (experimentalmente o no), comparando los resultados obtenidos con otros grupos de alumnos y buscando las implicaciones de los resultados en otros contextos.

Los problemas de los estudiantes

A diferencia de los dos modelos anteriores, aquí los alumnos, al ser expuestos ante el escenario definen qué aspectos son interesantes de ser investigados, o bien ellos lo proponen (Savery, 1995). El problema les pertenece de manera real, ellos lo construyen. Esta manera de trabajar es habitual en los cursos de educación de postgrado y doctoral, sin embargo no hay ninguna limitación para contemplarlo en otros grados de escolaridad. Este modelo es particularmente prometedor en la enseñanza en el bachillerato, pues se genera un lazo afectivo que promueve la intervención activa de los alumnos en la solución del problema (es su problema, no como en los casos anteriores en que el interés por los otros -pacientes, clientes o empresas- o la seducción del docente los impele a trabajar para resolver el problema).

El trabajo con el aprendizaje basado en problemas: el modelo de Barrows

Este modelo es de uso general en las escuelas de medicina, y algunos de sus elementos pueden considerarse útiles para construir una propuesta de intervención didáctica en el en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades. Sus características más importantes son las siguientes:

El grupo se divide en equipos de trabajo pequeños de cinco alumnos a los que se les asigna un facilitador o tutor, a cada grupo se le presenta un escenario ante el cual los alumnos empiezan “en frío” con posibles preguntas sobre el problema y plantean propuestas de solución identificando hechos relevantes y necesidades de aprendizaje. Las necesidades de aprendizaje son tópicos de cualquier tipo que tienen potencial relevancia para el problema y ante los cuales el grupo considera que no los entiende lo suficientemente bien. La sesión de trabajo no termina hasta que todos y cada uno de los elementos del grupo han tenido la oportunidad de reflejar verbalmente sus creencias acerca del problema y su solución, y han asumido la responsabilidad de trabajar en alguna de las necesidades de aprendizaje que se hayan identificado. Debe notarse que no hay objetivos de trabajo preestablecidos sino que los alumnos generan y definen esos objetivos.

Después de esta sesión los alumnos se involucran en el aprendizaje autodirigido, no hay tareas, no hay textos, los alumnos son responsables de reunir la información de las fuentes que consideren necesarias.

Después de haber realizado las actividades anteriores los alumnos se reúnen de nuevo e inician la evaluación de los recursos que han colectado e inician el trabajo con el programa bajo este nuevo conocimiento. Debe notarse que no se limitan a comentar lo que han aprendido sino que usan esta información para redefinir el problema y el ciclo se repite si surgen nuevas necesidades de aprendizaje, el trabajo con los problemas puede durar de una a tres semanas antes de pasar a otro problema, pero otras escuelas pueden abarcar mas tiempo, de 5 a 8 semanas o un semestre (Savery, 1995) o bien un problema puede contener otros problemas.

La supervisión se efectúa al final del proceso con una auto-evaluación y la evaluación de los pares, aunque no hay exámenes estos pueden considerarse y servir de guía para identificar las necesidades de autoaprendizaje

De las evaluaciones se hacen recomendaciones en tres áreas: autoaprendizaje; solución de problemas y trabajo en equipo.

1.12.2. La cooperación en la solución de problemas

Una de las capacidades que deben aprender y que se deben promover en los alumnos es el poder trabajar en equipos de manera cooperativa o si se quiere, colaborativa, en la solución de problemas, pues también es una necesidad del mundo laboral (Garritz, 2005, Balocchi, 2005). En la ciencia moderna también se requiere de equipos de personas que trabajen juntos para resolver problemas con efectividad (Mehta citado en Balocchi, 2005). Además se ha reconocido la influencia positiva que tienen el trabajo cooperativo pues conduce a mayores logros de aprendizaje; crecimiento en las actitudes positivas hacia el tema estudiado; más alta autoestima; mejor aceptación de las diferencias existentes entre pares; elevado desarrollo conceptual; entre otras ventajas (Balocchi, 2005; Johnson, 1999; Díaz, 1998)

Es necesario destacar que trabajar en equipo no es sinónimo de trabajar cooperativamente, pues pueden presentarse equipos de pseudo aprendizaje en los que aunque los alumnos están agrupados no muestran

ningún interés en trabajar juntos; o bien tener equipos de trabajo tradicionales en donde no es necesaria la cooperación de los integrantes del grupo para hacer una tarea pues cada uno de los integrantes piensa que el trabajo que hagan individualmente será el que determine la evaluación y no el trabajo del equipo en su conjunto (Johnson, 1999). En contraposición a los anteriores, en un equipo donde hay colaboración se hace necesario el compromiso de todos y cada uno de los integrantes del equipo para acometer la tarea, preocupándose por que todos y cada uno alcancen los objetivos de aprendizaje (Balocchi, 2005; Johnson, 1999).

La cooperación se promueve de manera más eficiente si se trabaja en grupos reducidos, con esto se consigue que todos los alumnos trabajen y las posibilidades para que alguno se esconda en el anonimato se reducen, pues todos están expuestos a la supervisión por todos (Balocchi, 2005; Johnson, 1999; Díaz, 1998). A decir de varios autores, la clave del trabajo cooperativo es que todos los alumnos tienen en claro que los esfuerzos de cada integrante no sólo lo benefician a él sino también a sus compañeros, lo que crea un compromiso con el éxito de los demás, a esto se la llama “interdependencia positiva” (Johnson, 1999; Díaz, 1998)

Otro elemento a considerar en el trabajo cooperativo es la responsabilidad individual y colectiva, cada elemento se sabe parte del éxito o fracaso propio y del grupo, y no se evadirá o aprovechará del trabajo de los otros. Además los alumnos deben realizar juntos una actividad en la que cada uno promueva el éxito del equipo, compartiendo los recursos existentes y apoyándose mutuamente, a esto se le llama interacción estimuladora (Johnson, 1999); y muy especialmente la interacción social y el intercambio verbal entre los alumnos llamada interacción “cara a cara”, que permite actividades cognitivas y dinámicas interpersonales que sólo ocurren cuando los estudiantes interactúan entre sí, como la explicación de estrategias de trabajo, o como abordar la solución de un problema, ayudar y asistir a los demás, influir en los razonamientos y conclusiones del equipo, promover el modelamiento social y las recompensas interpersonales y obtener retroalimentación de los demás, además de ejercer presión social sobre los miembros menos motivados del equipo (Díaz, 1998).

Por cuanto al propósito de una educación científica, el trabajo cooperativo debe considerarse un marco para proveer a los alumnos de técnicas de investigación en el salón de clase, de forma similar a lo que hacen los científicos, por ejemplo la formulación de preguntas, la emisión de hipótesis y su contrastación, elaborar clasificaciones y hacer mediciones, predecir, experimentar e inferir (Balocchi, 2005).

Como se ha mencionado, un punto importante para promover la cooperación es el diseño de los equipos, a grandes rasgos los equipos deben de ser pequeños, de preferencia deben tener como máximo 4 alumnos (Balocchi, 2005; Johnson, 1999). Puede ser que los alumnos se asignen a los equipos al azar, o que trabajen en equipos formados por el profesor, recomendándose en este caso que haya en el equipo un alumno de alta capacidad, dos de media y uno de menor rendimiento con el fin de que se maximicen las oportunidades de aprendizaje para todos y se refuerce el aprendizaje individual de cada miembro del equipo (Sherman citado en Balocchi, 2005; Johnson, 1999; Díaz, 1998).

La duración del trabajo de los equipos puede ser desde algunos minutos hasta varios años. En el caso de aquellos grupos de trabajo a corto plazo (desde algunos minutos hasta una hora) se les llama informales, siendo las actividades que se pueden realizar con estos grupos el trabajo de algún tema de la clase, revisión de materiales como videos –creemos también que lecturas cortas-, presentación de demostraciones, etc., y sirven para centrar la atención de los alumnos en el material que se está trabajando, crear expectativas acerca del contenido de la clase y para asegurarse de que los alumnos procesen cognitivamente los materiales.

Los equipos que trabajan más de una hora y hasta algunas semanas se denominan formales, y a los grupos que trabajan a largo plazo (por lo menos un año) se les denomina de base. Los grupos de base permiten que los alumnos establezcan relaciones responsables y duraderas que les permitan esforzarse en sus tareas, a progresar en sus obligaciones escolares y a tener un buen desarrollo cognoscitivo y social (Johnson, 1999).

1.13 Modelo de intervención didáctica de aprendizaje basado en problemas

Considerando lo anteriormente visto, para cumplir con nuestro primer objetivo de esta tesis se propone que un modelo de aprendizaje basado en problemas debe considerar los siguientes elementos:

La actividad debe ser un verdadero problema

Un problema se define en este modelo como una situación abierta, sin datos presentados de antemano, que tiene elementos de incertidumbre y que presenta para aquel que lo resuelve un reto intelectual (Gil, 1983). Debe resolverse por una buena razón (necesidad de explicar o de hacer) (Martínez, 2005) que tenga un referente inmediato para el alumno en sus vivencias o que ponga en relieve sus intereses.

Consistente con la propuesta de Toulmin, debe presentar una diferencia real entre lo que el alumno sabe (sus capacidades corrientes) y aquello que aspira a saber, a explicar, a hacer. En este punto es necesario que el problema:

- Involucre el crecimiento, construcción o modificación de los elementos de lenguaje que posee el alumno, y el refinamiento del mismo en los términos de la disciplina.
- Le permita al estudiante la construcción de los modelos que participan en la construcción de este lenguaje, o de otros relacionados con sus propias capacidades actuales como referente para la construcción de modelos más complejos.
- La solución debe tener una aplicación útil para el alumno, no sólo debe de permitirle construir sus conocimientos, debe darle respuestas a sus preguntas y en la medida de lo posible, permitirle reconocer en que otras situaciones los conocimientos que ha construido son aplicables.

El problema debe de ser propuesto por el alumno

Es en la necesidad de explicar o de intervenir en donde se pone en evidencia la necesidad de aprender, esta necesidad es propiedad del alumno y el problema también debe ser propiedad del alumno pues no es posible responder un problema si este es ajeno (Córdova, 2007). Como ventaja potencial de que el alumno proponga los problemas es que haya una variedad de temas con puntos en común que pueden promover los debates entre los alumnos. Aprender a preguntar es una capacidad que permite no solo aprender, sino también cuestionar la información que recibe.

Proponer un problema requiere que los conocimientos del alumno encuentren una situación ante la cual sean confrontados. Estas situaciones, a menudo descritas como escenarios, pueden tener diversas formas, y proceder de diferentes fuentes, como pueden ser documentales, artículos de divulgación,

comerciales o programas de televisión, noticias, etc. siendo el docente el encargado de ayudarles presentando materiales que tengan una alta probabilidad de servir como escenarios.

El alumno debe ser el centro de la actividad

Si los alumnos participan activamente en la solución del problema, con poca intervención del docente, es más probable que al mismo tiempo que aprenden los conceptos de la disciplina también desarrollen otras capacidades deseables como pueden ser: la comunicación de sus hallazgos a sus compañeros, la búsqueda de información en diversas fuentes, la cooperación, y la habilidad para resolver problemas entre otras (Martínez, 2007).

La sensación de logro de los alumnos al resolver un problema de manera autónoma tiene varias ventajas asociadas pues promueve la autoestima, mejora las relaciones entre los miembros del grupo y permite que los alumnos adquieran seguridad al tratar con situaciones desconocidas (DIDE, 2007; Iglesias, 2002. Martínez, 2007).

El alumno debe tener la opción de elegir que le interesa conocer y proponer de que manera hacerlo pues de esta forma se refuerza su autonomía; sin embargo es necesaria la guía del docente para encauzar sus inquietudes de manera que aumente su ambición intelectual (Martínez, 2007), pero que esta no se desborde a tal punto que se paralice por no tener alguna pista de cómo proseguir en la solución de su problema.

La actividad de los alumnos debe llevarse a cabo en un entorno de cooperación, pues esto ayuda a que todos aprendan de todos y se maximicen las oportunidades de contar con puntos de vista diferentes que enriquezcan la discusión y mejoren el proceso de solución (Balocchi, 2005; CTL, 2001; Johnson, 1999; Díaz, 1998).

El docente debe administrar la actividad escolar y ayudar en la gestión de la incertidumbre

La administración de la actividad escolar es diferente a dar clases, por lo menos si esto se entiende en la forma tradicional. Requiere que el docente promueva en sus estudiantes la curiosidad, discuta con ellos sus criterios de selección de la información, los ayude a ampliar las fuentes de que dispone y los ayude a construir criterios que les permitan reconocer la validez de esas fuentes (DIDE, 2007; Iglesias, 2002; Boud, 1997; Savery, 1995). Implica el uso de diferentes instrumentos, que al mismo tiempo que le permiten conocer que dificultades experimentan sus alumnos, también le den indicios de qué puntos es necesario reforzar para mejorar la comprensión de sus estudiantes.

El docente debe presentar a sus alumnos materiales interesantes para conformar los escenarios que permitan al alumno establecer las diferencias entre lo que sabe y lo que es deseable que sepa en el entorno de su disciplina para construir sus problemas (DIDE, 2007; Iglesias, 2002; Savery, 1995). Aunque las propuestas ortodoxas de ABP consideran que los objetivos de aprendizaje deben ser abiertos (Iglesias, 2002; Boud, 1997), para la educación media se propone que los problemas se desarrollen con base en los programas de estudio de la institución. Para ello, sin que el docente determine cuáles serían los problemas que sería deseable que los alumnos trabajaran, se debe orientar la discusión en el aula hacia aquellos contenidos disciplinarios establecidos en el programa (que serían los objetivos de aprendizaje) mediante las preguntas adecuadas y las objeciones pertinentes a las propuestas de los alumnos.

El docente debe ayudar a sus alumnos a plantear preguntas sirviendo como modelo de esta actividad. Debe cambiarse la forma de preguntar de ¿Qué es lo que hay ahí? (preguntas de respuesta directa), a ¿Por qué que crees que esto es así? (preguntas inductivas) (Roca, 2005) permitiéndoles de esta manera que los alumnos reconozcan las buenas preguntas y elaboren sus teorías de explicación o propongan un modelo para ello. Debe ayudar a los alumnos a reflexionar sobre los problemas que planteen, reconociendo lo interesante de sus propuestas y ayudándolos a reflexionar sobre las limitaciones conceptuales o metodológicas que presentan.

Cuando los problemas son generados por los propios alumnos, es probable que haya angustia, pues no hay un experto o alguien que conozca cual es la respuesta al problema o la manera de llegar a ella. El maestro debe ayudarles a los estudiantes a gestionar esa sensación de angustia, de incertidumbre, guiándolos con preguntas que les ayuden a dirigir su actividad (Martínez, 2007).

Se requiere la supervisión continua del proceso de solución, promover el reconocimiento de las necesidades de aprendizaje y establecer compromisos de aprendizaje con los alumnos, así como los mecanismos para cumplir con estos compromisos. Al mismo tiempo es necesario que el docente refuerce el trabajo y compromiso del grupo en aprendizaje evitando ser quien proporcione las respuestas, y debe promover los mecanismos para que los alumnos adquieran la capacidad de autoevaluarse (Martínez, 2007)

Debe considerar un tiempo pertinente para la solución del problema, se ha estimado que un plazo razonable para trabajar en la solución de un problema puede ser de hasta tres semanas, aunque en algunos casos puede ser mayor el tiempo asignado (Savery, 1995)

Los materiales e instrumentos deben apoyar el aprendizaje de los alumnos y permitir su evaluación.

Los materiales que han de servir como escenarios deben tener un referente inmediato para los alumnos, y la información contenida en ellos debe tener ciertos elementos de validez, o si este punto no se cubrirá debe dar lugar a la discusión de qué elementos hacen válida a la fuente de donde procede. O bien, puede servir como una forma de exhibir las debilidades de ciertos tipos de fuentes en función de ciertos criterios que deberán construirse bajo la guía del docente.

Los instrumentos usados durante la supervisión del proceso deben de cumplir dos propósitos: por una parte deben de cumplir una función administrativa –permitir la asignación de notas- y por otra deben de darle al alumno la posibilidad de retroalimentarse y reconocer sus avances y limitaciones durante el proceso de aprendizaje, promover el insight sobre el conocimiento o dicho de otra forma reflexionar sobre lo que sabe y lo que necesita saber, esto es, promover en los alumnos la metacognición.

Por lo anterior, los instrumentos no pueden ser solamente exámenes de tipo tradicional, pues estos instrumentos están limitados por sus propias características para conocer de otras capacidades que promueve el ABP. Deben considerarse instrumentos en los que los alumnos puedan reconocer sus necesidades de aprendizaje así como sus avances (DIDE, 2002), algunos ejemplos de instrumentos útiles a este propósito son los cuestionarios de asociación de palabras, los mapas conceptuales y los diagramas heurísticos.

Los cuestionarios de asociación de palabras pueden cumplir con un doble propósito. Por una parte le permiten al alumno expresar sus ideas sin un énfasis determinado en los contenidos lo que ayuda a que el alumno muestre de manera auténtica sus ideas sobre un tema en particular, y al mismo tiempo,

coincidiendo con Toulmin de que una parte importante del conocimiento se expresa a través del lenguaje, el alumno puede reconocer que aprende pues aumenta el lenguaje que posee.

Los mapas conceptuales le permiten al alumno hacer explícitas las relaciones que guardan los conceptos entre sí, por tanto son una herramienta que le permite al alumno reflexionar sobre lo que aprende. Si se usan de manera reiterada la reflexión continua mejora la comprensión de los conceptos.

Los diagramas heurísticos, como las “Ves epistemológicas”, son instrumentos que permiten al alumno dar cuenta del proceso de solución del problema, reflexionar sobre la forma en la que busca la respuesta a sus preguntas y sintetizar en ellos todas aquellas actividades que fueron relevantes para el proceso de solución.

La actividad escolar debe ser un análogo de la actividad científica

Una forma de que los alumnos pueden aprender sobre la N de C es la solución de problemas, de forma que se reproduzcan las actividades que hacen los científicos (Hodson citado en Martínez, 2006, Barr, 1994). Estas actividades pueden ser: hacer investigaciones documentales, cuestionar la validez de la información y utilizar varias fuentes de consulta, elaborar y ejecutar experimentos, elaborar tablas y gráficas, analizar los datos encontrados y comunicar sus conclusiones.

Se espera que este modelo de aprendizaje basado en la solución de problemas promueva al mismo tiempo la adquisición de conocimientos disciplinarios, y permita que los alumnos tengan una idea más cercana acerca de que es la ciencia y aprendan a construir sus problemas para aprender.

La resolución de problemas puede ayudar a construir una idea mas acertada sobre la ciencia en asuntos como la creatividad en la ciencia, los métodos en la investigación científica, la influencia de la cultura en la ciencia y la tentatividad del conocimiento científico, considerando que en cada una de éstos los alumnos estarían proponiendo soluciones y contrastándolas de la misma manera en la que lo hacen los científicos.

2 La investigación

2.1 Marco situacional: Las características del CCH de la UNAM

El trabajo de investigación se realizó en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, uno de los dos subsistemas que existen de estudios preuniversitarios en esta institución, siendo el otro la Escuela Nacional Preparatoria.

El CCH fue fundado en el año de 1971 por el entonces Rector Pablo González Casanova como una alternativa a la población con necesidad de continuar sus estudios pero que por la cantidad de espacios disponibles en las preparatorias, no estaba en posibilidad de hacerlo. En el colegio se propuso desde un principio un modelo educativo centrado en el estudiante (CCH, 1971) y que de acuerdo con este modelo el alumno debe ser capaz de:

- Aprender a aprender, significa que el alumno sea capaz de adquirir nuevos conocimientos por su propia cuenta.
- Aprender a hacer, se refiere a que los estudiantes desarrollen habilidades que le permitan poner en práctica sus conocimientos.
- Aprender a ser, enuncia el propósito de que, además de adquirir conocimientos, desarrolle valores humanos, particularmente los éticos, los cívicos y de sensibilidad artística.
- Sea un estudiante crítico, esto es que el alumno sea capaz de analizar y valorar los conocimientos adquiridos, de forma tal que le permita afirmarlos, cuestionarlos o proponer otros diferentes.
- Su educación sea de cultura básica, es decir, considerar los conocimientos, los temas y problemas a través de diversos enfoques metodológicos, además de aprender los elementos teóricos y prácticos fundamentales que le permitan continuar sus estudios y ser un ciudadano con valores, actitudes y habilidades para ser útil a la sociedad al egresar del bachillerato.

Las características de su modelo educativo plantearon una enseñanza en ciencias ligada al análisis de los problemas sociales, y al mismo tiempo buscaba que se tuviera una postura crítica del papel que juega la ciencia en el bienestar de la población.

Sin embargo la problemática social y política e inclusive educativa de los años '70 del siglo pasado, sumado a que en la práctica los docentes seguían trabajando con los alumnos bajo el modelo de enseñanza por transmisión, impidieron la concreción de esta propuesta educativa (Rueda, 2004). A pesar de esto, la necesidad de mantener en los programas de estudio la temática social, el conocimiento de la corriente CTS de Europa, y el interés de los docentes de atender no sólo al aspecto disciplinario, permitieron recuperar el planteamiento de utilizar las problemáticas sociales y medioambientales para el estudio de los conceptos disciplinarios en la reforma a los planes y programas de estudios de 1996 (Rueda, 2004); esto último de manera notable en la asignatura de química (CCH, 2003).

Del estado actual de los programas de estudio, en particular en la asignatura de química, nos dice Rueda:

“Uno de los principios expresos del Colegio es considerar este bachillerato como de cultura básica, buscando que el alumno formado en el Colegio desarrolle habilidades, actitudes y valores que le permitan un desempeño más creativo, responsable y comprometido con la sociedad y que lo habilite para continuar los estudios superiores. Pone el acento en el trabajo intelectual del alumno y no es

concebido como un repetidor del saber, por lo tanto la idea presente es la de construcción del conocimiento científico por parte de los alumnos...”. “...la formación científica que el CCH pretende promover en sus estudiantes es aquella que sea útil para cualquier ciudadano del mundo, en la medida que incorpora nociones y conceptos de ciencia, de sus formas de proceder, actitudes características, terminología científica, sus aplicaciones tecnológicas y con ello contribuir a desarrollar una relación más armónica entre su sociedad y el ambiente”.

Rueda, 2004. p. 122

La intervención didáctica se hizo en el curso de Química II, en el plantel Vallejo del CCH, en la segunda unidad del curso, en la que los conceptos de la disciplina están contextualizados mediante la relación de la química con los alimentos. El programa de la asignatura contempla para la presentación y evaluación de los contenidos un tiempo de 30 horas. Administrativamente el tiempo de clase está distribuido en 3 sesiones a la semana, de éstas, dos tienen una duración nominal de 2 horas y una de ellas de una hora el día viernes.

El aula de clases en las asignaturas de Ciencias Experimentales está equipada como laboratorio y cuenta con un laboratorista para auxiliar al docente en la preparación de actividades experimentales, lo que permite que el docente pueda conjuntar el discurso de los contenidos con actividades experimentales que promuevan el aprendizaje de los alumnos.

2.2 Problemas de investigación

Consistente con el modelo ABP propuesto anteriormente se desea conocer:

¿Cómo influye el ABP con el modelo de problema de Toulmin en el aprendizaje de la química con respecto a otros modelos de docencia?

Hipótesis de trabajo: Consideramos que si el alumno participa activamente en su proceso de aprendizaje a través de la solución de problemas, obtendrá una mejor comprensión de los conceptos estudiados en la asignatura de química. Esta comprensión puede reflejarse en los resultados que obtenga en un cuestionario y compararse contra los obtenidos por otros alumnos en diferentes modelos de docencia.

¿Cómo influye el ABP en la construcción de una cultura científica entendida como el conocimiento de la Naturaleza de la Ciencia?

Hipótesis de trabajo: Al trabajar con la solución de problemas, los alumnos actúan de manera análoga a como lo hacen los científicos, por ello, suponemos que es posible que los alumnos que trabajan en el modelo ABP tengan una idea más certera de lo que es la naturaleza de la ciencia que en otros modelos de docencia.

¿Cómo son las preguntas de los alumnos en el ABP?

Hipótesis de trabajo: Se espera que los alumnos hagan preguntas que apelen a la explicación de las cuestiones problemáticas o bien a la intervención en modificar estas situaciones. Estas preguntas por lo tanto tendrán características inferenciales o bien aumentará la tendencia a la aparición de este tipo de preguntas.

¿Qué metodologías utilizan los alumnos en el ABP?

Hipótesis: la solución de problemas involucra varias metodologías como: investigaciones bibliográficas, estudios de campo, encuestas, entrevistas, solución de ejercicios numéricos y elaboración de experimentos, se espera que varias de estas metodologías sean aplicadas por los alumnos durante el proceso de solución de sus problemas.

¿Qué fuentes utilizan los alumnos durante la solución de sus problemas en el ABP?

Hipótesis de trabajo: durante la solución de problemas se recurre a múltiples fuentes de información, desde la experiencia de expertos o de personas relacionadas directamente con la situación problemática, hasta recursos bibliográficos de diferente origen y a experimentos. Se espera que los alumnos aprendan a realizar consultas de diferentes fuentes, o a planear y conducir experiencias que les aporten datos para solucionar sus problemas.

2.3 Método

2.3.1 Diseño experimental

Partiendo de los principios del colegio y de su modelo educativo, se propone que el aprendizaje basado en problemas puede cumplir con los propósitos de que realmente sea el alumno sea el centro de la actividad y el promotor de su aprendizaje. Con este propósito se efectuó una investigación de tipo cuasi-experimental con una orientación cualitativa. Los grupos participantes en la investigación fueron seleccionados de forma no probabilística.

La intervención didáctica se efectuó en la segunda unidad del curso de Química II “alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida”. Para comparar la ejecución del grupo con otros modelos de docencia se hicieron pruebas test-postest de conocimientos de química y de naturaleza de la ciencia. El tiempo para cubrir esta unidad del programa fue de 30 horas de clase para los grupos participantes en la investigación según lo establece el programa de estudios. En el grupo de intervención ésta se llevo a cabo en 16 horas para un total de 10 sesiones.

2.3.2 Participantes

2.3.2.1 Docentes

Se solicitó la participación de docentes de química del turno matutino del CCH con al menos diez años de experiencia, las características más sobresalientes de los modelos de docencia de los participantes fueron las siguientes:

Docencia tradicional: la selección de contenidos esta dada por el programa de la asignatura, la exposición de los contenidos está a cargo del docente, La asignación de notas se efectúa mediante exámenes parciales por unidad.

Docencia cooperativa: la selección de contenidos está dada por el programa de la asignatura, el docente diseña actividades de trabajo colaborativo en la que participan los alumnos en equipos de base y en equipos informales. Para poder llevar a cabo el trabajo en aula se utilizan materiales diseñados ex profeso para este fin, y actividades experimentales. Se asignan notas por actividad y exámenes por

unidad, la nota final se obtiene mediante un promedio ponderado de las notas correspondientes a las actividades experimentales, las actividades cooperativas y los exámenes efectuados.

Docencia constructivista: La selección de contenidos está dada por el programa de la asignatura. El docente considera las ideas previas de los alumnos en su aprendizaje y promueve el cambio conceptual mediante el uso de modelos, analogías y explicaciones, combinadas estas actividades con la exposición de los temas. La evaluación se efectúa mediante la asignación de notas por actividades experimentales, trabajos extra-clase y exámenes parciales por unidad.

Modelo ABP: Constituyó la intervención didáctica del tesista. La selección de contenidos se desarrollo en el marco del problema seleccionado por los alumnos, pero en el contexto de la química relacionada con los alimentos. El papel del tesista fue el de guía ayudándolos a construir su problema (considerando la definición de problema que hace Toulmin) partiendo de las propias preguntas de los alumnos, y ayudándolos a aclarar y plantear sus dudas de manera que pudieran avanzar en la solución de su problema. El docente no impartió ninguna clase de ningún tipo a los alumnos; aunque si hizo sugerencias sobre donde podrían localizar información relevante para la solución de su problema y clarificando el alcance y enfoque de su investigación. Las actividades efectuadas no se consideraron en la evaluación de los alumnos, pero si fueron consideradas para mejorar su calificación.

2.3.2.2 Alumnos

Los grupos participantes pertenecieron en todos los casos al turno matutino del CCH plantel Vallejo, los alumnos llevaron por primera vez el curso de Química II. Las edades de los alumnos en todos los grupos fluctuaron entre los 15 y 16 años de edad.

La distribución de los alumnos en cada grupo correspondió con lo siguiente:

Docencia tradicional: Contó con 25 alumnos, 14 de ellos hombres y 11 mujeres, la mayor parte de las actividades de los alumnos estuvieron centradas en la toma de notas aunque también se efectuaron algunas actividades experimentales consideradas en el programa de la asignatura.

Docencia cooperativa: En éste grupo hubo 24 alumnos, 11 de ellos hombres y 13 mujeres. Los alumnos se apoyan en materiales diseñados especialmente y trabajan cooperativamente para lograr el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje designados por el docente; este cumplimiento se certifica mediante la calificación de cada actividad efectuada por los alumnos en sus grupos de trabajo cooperativo.

Docencia constructivista: El grupo estuvo constituido por 22 alumnos, de ellos 9 alumnos son hombres y 13 mujeres. Las actividades de los alumnos estuvieron enfocadas en la discusión, la reflexión y la elaboración de resúmenes de clase.

Docencia ABP: El grupo estuvo conformado por 23 alumnos, 10 hombres y 13 mujeres. Las actividades de los alumnos fueron la lectura de artículos, la formulación de preguntas, la construcción de mapas conceptuales y diagramas heurísticos, el desarrollo de investigaciones documentales, ejecución de experimentos y discusión los resultados de sus investigaciones.

2.3.3 Materiales (Anexo A)

Como punto de partida para establecer los problemas a resolver, se les presentó a los alumnos 3 artículos de una revista de divulgación (*¿Cómo ves?*, 2003, 2002, 1999) a partir de los cuales formularon las preguntas con las que iniciarían a plantear el problema a resolver.

2.3.4 Instrumentos

Para cumplir con los objetivos de esta investigación se utilizaron instrumentos de comparación entre grupos (cuestionarios de química y de N de C) y de uso interno (propuesta didáctica ABP solamente), los cuales tienen las siguientes características:

2.3.4.1 Cuestionario de Química (Anexo B) (comparación entre grupos)

Consta de 40 reactivos de opción múltiple, cada reactivo tiene cuatro opciones para responderse. Fue construido con reactivos seleccionados de un Banco de Reactivos del Colegio (Castelán, 2004) y con reactivos construidos *ad hoc* por el tesista.

Los reactivos utilizados del Banco de Reactivos buscan conocer los aprendizajes de los alumnos relacionados con el reconocimiento de los conceptos de química (aprendizajes memorísticos). En la tabla 4 se muestran los reactivos utilizados, identificándolos por el número en el material publicado por el Colegio y el número que les corresponde en el cuestionario de química. Los reactivos *ad hoc* fueron elaborados por el tesista, quien los presentó a tres maestros: uno de asignatura, otro de carrera y al tutor de tesis para su corrección y redacción final. Estos reactivos buscan conocer si el alumno puede hacer inferencias sencillas, cálculos básicos y si puede establecer relaciones concepto – estructura química. Puesto que todos los reactivos fueron revisados por expertos se considera que el cuestionario tiene validez de contenido.

Tabla 4. Reactivos utilizados en el cuestionario de química tomados del banco de reactivos del Colegio

Número de reactivo en el cuestionario de química	Reactivo del Seminario de evaluación	Número de reactivo en el cuestionario de química	Reactivo del Seminario de evaluación
1	85	19	86
2	120	20	87
3	121	25	50
4	55	26	53
10	98	27	57
11	100	28	125
12	106	33	83
13	97	34	93
17	69	35	95
18	84	36	115

2.3.4.2 Cuestionario de naturaleza de la ciencia (N de C) (Anexo C) (comparación entre grupos)

Este Cuestionario fue traducido del instrumento “Students Understanding of Science and Scientific Inquiry” (Liang, 2006), traducido al español por el tesista y renombrado como “Cuestionario de conocimiento de la ciencia y la investigación científica”. Busca describir el conocimiento que tienen los alumnos de las características de la ciencia y la investigación científica, a través de 6 ítems con 4 reactivos de respuesta tipo Likert, y un reactivo de respuesta abierta para confirmar el grado de conocimiento sobre el ítem en particular. Ha sido aplicado en EE.UU., China y Turkía, con resultados semejantes en las tres muestras participantes

Los ítems del instrumento están relacionados con:

- Observaciones e inferencias en las ciencias.
- Tentatividad del conocimiento científico.
- Características de las teorías científicas y leyes.
- Carga social y cultural de la investigación científica.
- Creatividad e imaginación en la investigación científica.
- Método científico.

2.3.4.3 Diagramas Heurísticos (Anexo D) (sólo ABP)

En este instrumento los alumnos construyeron los hechos que dieron lugar a su pregunta de investigación. Ésta pregunta concreta la situación problema que debieron de resolver.

La pregunta se construyó a partir de la información de los textos proporcionados, o como resultado de las inquietudes del equipo. En los diagramas heurísticos los alumnos reportaron los elementos conceptuales de los que disponían o que construyeron para resolver su problema, así como la metodología empleada durante el proceso de solución del mismo. El instrumento es consistente con la propuesta de Toulmin de considerar a los conceptos como una triada constituida por lenguaje-representación (modelo)-aplicación.

2.3.4.4 Cuestionario de asociación de palabras (Anexo E) (sólo ABP)

Este instrumento se elaboró considerando la propuesta de Chamizo (1996), en la que ante una palabra estímulo se responde con palabras relacionadas con ésta. Esta relación debe ser lógica si se comprenden los conceptos expresados mediante las palabras. Por ejemplo, a la palabra estímulo cocina podrían seguirla otras como: mesa, sillas, estufa, etc., pero no palabras como torno o sofá. Mientras mayor sea la cantidad de palabras con un vínculo lógico con la palabra estímulo se espera un mejor conocimiento del tema y una mayor comprensión.

Para la elaboración del cuestionario se tomaron en cuenta los conceptos centrales de la unidad II del segundo semestre de Química II usando como palabras estímulo las siguientes: alimentos, grasas (el termino correcto sería lípido; sin embargo, los alumnos tienen como referencia inmediata el término grasa), carbohidratos, minerales y proteínas, cada palabra tiene asignadas 40 respuestas con el fin de asegurar que los alumnos puedan responder todas aquellas palabras, frases o aún ideas que deseen.

2.3.4.5 Mapas conceptuales (Anexo F) (sólo ABP)

Mediante la construcción de mapas conceptuales por los alumnos se pretendió conocer las ideas previas de los alumnos y mediante su aplicación repetida conocer la evolución de las relaciones entre los conceptos centrales de la unidad (alimentos, carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales) así como los conceptos aprendidos por los alumnos al trabajar con el problema. Se le indicó al alumno que eligiera 5 conceptos de su lista de asociación de palabras que relacionaría con los 5 conceptos principales (alimentos, carbohidratos, grasas, minerales y proteínas), estableciendo las relaciones que él considerara pertinentes entre los conceptos.

2.3.5 Evaluación y análisis de los instrumentos

2.3.5.1 Cuestionario de química:

El cuestionario se aplicó antes y después del desarrollo de la segunda unidad del curso. Se calificó con la clave presentada en el anexo B, indicando la diferencia de las calificaciones promedio expresadas en porcentaje de respuestas correctas antes y después del desarrollo de la segunda unidad del curso y la desviación Standard para cada aplicación.

2.3.5.2 Naturaleza de la ciencia:

El cuestionario se aplicó antes y después del desarrollo de la segunda unidad del curso, la calificación del instrumento se hizo considerando lo siguiente:

Calificación de las respuestas tipo Likert

Las respuestas a los reactivos Likert por ítem se calificaron como informadas (calificación promedio del ítem 4, sin ningún respuesta evaluada con tres o menor), transicionales (calificación promedio del ítem menor a 4) o ingenuas (calificación promedio del ítem, inferior a 3, con sólo una respuesta evaluada con 4 o superior). Los reactivos se calificaron con 5 puntos para la respuesta más informada hasta 1 punto para la respuesta menos informada, asignando 3 puntos a la respuesta no evaluable (No sé).

Para cada reactivo las respuestas serán calificadas con la siguiente tabla. En ella las respuestas marcadas con (+) indican una calificación de 5 si la respuesta es totalmente de acuerdo (TA) con puntajes menores para las otras respuestas; las marcadas con (-) se califican como 1 si la respuesta es totalmente de acuerdo con calificaciones ascendentes para otras respuestas.

Tabla 5. evaluación de los reactivos tipo Likert

Reactivo	1A (+);	2A (+);	3A (-);	4A (-);	5A(+);	6A (+);
	1B (-);	2B (+);	3B (-);	4B(+);	5B(+);	6B (-);
	1C (-);	2C(+);	3C (-);	4C(+);	5C (-);	6C (-);
	1D (+)	2D (-)	3D (+)	4D(-)	5D (-)	6D (+)

Por ejemplo el reactivo Likert 1A un alumno que contesto TA (totalmente de acuerdo) tendrá 5 puntos, mientras uno que contesto TD (totalmente en desacuerdo) tendrá 1. Y para el reactivo 3C Un alumno que contesto A (de acuerdo) tendrá 2 puntos mientras que uno que contesto D (en desacuerdo) tendrá 4, para cualquier reactivo la Respuesta N (No se) tiene un puntaje de 3.

Preguntas abiertas

Se calificaron considerando los criterios propuestos por Liang y colaboradores (2006) para las respuestas posibles a cada ítem; y se clasificaron en ingenuas (expresan opiniones deformadas de la ciencia), transicionales (aunque no expresan opiniones deformadas no son lo suficientemente explícitas o no incluyen ejemplos), o informadas (están más apegadas a las características del trabajo científico e incluyen ejemplos). Si se presentaban preguntas sin responder no se clasificaba esta respuesta.

Evaluación de cada ítem

La clasificación resultante de las respuestas a los reactivos de tipo Likert se comparó con la obtenida de la respuesta a la pregunta abierta, como clasificación del ítem se asignó la categoría menos informada de ambas clasificaciones.

Evaluación de la prueba

La evaluación de la prueba se hizo por grupo considerando un promedio de las clasificaciones obtenidas en cada grupo.

Para cada tipo de reactivo (Likert, preguntas abiertas), se evaluó el porcentaje de los alumnos asignados a cada categoría propuesta y su variación tras la segunda aplicación al finalizar el desarrollo de la segunda unidad del curso. También se obtuvo un promedio global de la prueba para cada grupo y se comparó su variación con respecto a la primera aplicación.

2.3.5.3 Preguntas formuladas por los alumnos tras la lectura de los artículos

Características de la pregunta de investigación: Las preguntas se clasificaron cerradas, semiabiertas y abiertas. Preguntas referidas a datos, hechos o lugares son de tipo cerrado. Aquellas preguntas que apelan a la intervención son de tipo semiabierto y aquellas en las que se busca una explicación son de tipo abierto.

Se consideró que las preguntas de tipo cerrado son de tipo no inferencial, y son las que menos posibilidades ofrecen de constituir un auténtico problema, mientras que las semiabiertas y abiertas son de tipo inferencial y pueden constituir la expresión de problemas para aprender.

2.3.5.4 Diagramas heurísticos:

Se calificaron usando la rúbrica propuesta por Chamizo (2007) (Anexo D) y se analizaron considerando los siguientes elementos:

Hechos. Los alumnos reportaron cuáles fueron tanto sus fuentes para formular su problema como aquellas que utilizaron en su solución. El análisis se efectuó cuantificándose el tipo y cantidad de referencias usadas por los alumnos y la validez de la información presentada.

Preguntas. Se consideró la sesión en la cual quedó consolidada la pregunta de investigación, si la pregunta corresponde a un ejercicio o a un problema (considerando la propuesta de Toulmin) y qué tipo de problema de acuerdo con la taxonomía de Toulmin es el que se proponen resolver.

Pensar. Se consideró en el análisis que los elementos de lenguaje estuvieran bien definidos, que se incorporaran modelos referentes a estos elementos de lenguaje y estuviera expresado el propósito de la investigación.

Hacer. El análisis se hizo clasificando las propuestas de los alumnos en investigación documental (bibliográfica, o Internet), de campo (entrevistas, encuestas, visitas a empresas o instituciones), o experimental.

2.3.5.5 Cuestionario de asociación de palabras

Reconociendo la importancia del lenguaje en la construcción del conocimiento según lo propone Toulmin, y que el crecimiento en el lenguaje puede ser un indicador de esta construcción, se aplicaron a los alumnos cuestionarios de asociación de palabras consideraron los siguientes criterios de evaluación

- Total de palabras emitidas por equipo por aplicación y el promedio de palabras emitidas por el grupo por aplicación.
- Porcentaje de palabras emitidas categorizadas como componentes: esta categoría contienen aquellas palabras que se relacionan con las sustancias de las cuales están formados los alimentos, como ejemplos podemos tener grasas, nutrientes, carbohidratos.
- Porcentaje de adjetivos emitidos: Se les indicó expresamente a los alumnos que no debían de utilizarse estas palabras. En estos casos se asume un desconocimiento de algunos elementos básicos del idioma.

2.3.5.6 Mapas conceptuales:

Se calificaron por su organización y contenido de acuerdo con la rubrica propuesta por Chamizo (1995) (Anexo F). Adicionalmente se clasificaron como concretos, si las palabras utilizadas por los alumnos en la construcción de sus mapas no estaban relacionadas con conceptos de la disciplina, o disciplinarios si se usaban al menos dos conceptos de la disciplina en las cinco palabras elegidas.

2.3.6 Fases de la investigación

2.3.6.1 Actividades efectuadas durante las prácticas docentes I y II

La preparación para la intervención ABP se inicio con la intervención en grupo durante la práctica docente I en el curso de química II un año antes de la intervención didáctica que produjo la presente investigación. En esta etapa el tesista aprendió del supervisor de práctica docente el trabajo en grupos cooperativos, intervino de manera activa en la segunda unidad donde diseñó con el tutor del grupo varias actividades experimentales y un cuestionario de evaluación para la segunda unidad. Se propuso a los alumnos como problema para aprender el diseño de una dieta a partir de vegetales que se consumen en los hogares de los alumnos sólo como un ejercicio para valorar los posibles escenarios que se tendrían durante la intervención que da lugar a esta tesis. Los alumnos fueron informados de que los resultados obtenidos sólo servirían para mejorar sus calificaciones y de presentar resultados adversos estos no serían tomados en cuenta.

Durante la práctica docente II, el tesista intervino en el desarrollo del curso en la segunda unidad del curso de Química I, bajo la dirección del supervisor de práctica docente ya con el grupo en el que se haría la intervención didáctica de ABP; participando en la elaboración y presentación de actividades experimentales, y en la exposición de los temas de oxidación-reducción, formación de óxidos básicos y ácidos, y formación de bases y ácidos así como sus características químicas. Esta práctica docente tuvo como principal objetivo el permitir la familiarización del tesista con el grupo pues el desarrollo de la propuesta requería que tomara el control del grupo durante la segunda unidad del curso de Química II, con una participación muy discreta del tutor de práctica.

La investigación que da origen a la presente tesis se efectuó en la práctica docente III, las actividades realizadas estuvieron enteramente a cargo del tesista, se les indicó a los alumnos que el trabajo que realizarían en las sesiones siguientes era parte de una investigación educativa y que los resultados negativos que obtuvieran no tendrían influencia en su calificación final. Adicionalmente, se les indicó que por ser parte de un proyecto de investigación se les podría considerar estas actividades en su evaluación final.

2.3.6.2 Intervención didáctica ABP

- **Actividades previas a la intervención**

Previo a la aplicación de la metodología ABP se les enseñó a los alumnos a elaborar mapas conceptuales y se les proporcionó una rúbrica para la evaluación de los mismos, misma que se reproduce en el anexo F.

En periodos de 15 minutos durante 4 sesiones anteriores a la aplicación de la metodología ABP se les explicó que características tiene una pregunta que plantea un problema, pues coincidimos con Chamizo e Izquierdo que la formulación de buenas preguntas es una competencia de pensamiento científico (Chamizo e Izquierdo; 2007) que es necesario que los alumnos posean y que una buena pregunta concreta cuál es el problema que se debe resolver.

Durante una sesión se les enseñó a los alumnos a trabajar con el diagrama heurístico, para que los alumnos contaran con una herramienta que les permitiera resumir y explicar al mismo tiempo que reflexionar sobre sus avances en la solución del problema. También se les proporcionó una rúbrica de auto evaluación del diagrama heurístico, la cual se reproduce en el anexo D.

En los grupos de comparación y en el grupo experimental (ABP) se aplicaron los cuestionarios de Química y de conocimiento de naturaleza de la ciencia. En todos los grupos se les indicó a los alumnos que los cuestionarios eran parte de una investigación y que no tendrían ningún impacto en su calificación.

- **Actividades efectuadas al inicio de la intervención didáctica ABP**

Con el fin de iniciar el planteamiento del problema para aprender, los 23 alumnos se distribuyeron en 6 equipos informales (Ver 1.12.2); 5 equipos de 4 alumnos y uno de 3. Por cada dos equipos se les proporcionó un artículo extraído de una revista de divulgación de la ciencia (Anexo A) relacionado con la alimentación o algún alimento. En estos equipos se les indicó a los alumnos que cada integrante debía formular dos preguntas sobre el artículo de aquello que le gustaría conocer con mayor profundidad. Tras terminar esta actividad los alumnos recabaron todas las preguntas generadas en el equipo.

- **Actividades durante la intervención didáctica ABP**

Después de efectuar esta actividad los alumnos se reunieron en sus equipos formales (Ver 1.12.2) y frente a sus compañeros explicaron el artículo que habían leído en los equipos informales, presentando las preguntas que se habían formulando en los mismos. Mediante la discusión de las preguntas presentadas, los alumnos de cada equipo de base eligieron una pregunta de investigación que fue la base para construir el problema a resolver.

El tesista discutió con los alumnos de cada equipo las características de su problema, haciendo énfasis en los tres aspectos que caracterizan a un problema de acuerdo con Toulmin: la aplicación derivada de la solución del problema, el lenguaje, de que disponen o que adquieren al resolver su problema y las representaciones que requerirían elaborar o que tienen los alumnos para tratar de resolver su problema.

Las preguntas seleccionadas por los alumnos pudieron cambiar en su redacción o aún en el tema de interés durante el proceso de solución, esto se debió a alguna o algunas de las situaciones siguientes: les resultó muy difícil especificar que metodología usarían, cuál sería la utilidad de responderla o si disponían de los recursos necesarios para responderla.

El problema para aprender se trabajó durante 10 sesiones (16 horas de clase) en los grupos formales, existiendo la posibilidad de cambiar de problema. Con el fin de evaluar formativamente el avance de los alumnos en su aprendizaje se hicieron 3 aplicaciones de cuestionarios de asociación de palabras, pues se considera que una parte importante del aprendizaje está definida por el lenguaje que se tiene y su aplicación en un contexto determinado. La primera aplicación del cuestionario de asociación de palabras se efectuó antes de la intervención didáctica ABP, la segunda aplicación en la 5ª sesión, y la última al terminar la aplicación de la metodología ABP.

Los alumnos construyeron mapas conceptuales que además de los conceptos centrales de la unidad (alimentos, lípidos, carbohidratos, minerales y proteínas) tuvieran 5 conceptos seleccionados de sus cuestionarios de asociación de palabras. Estos mapas muestran las relaciones que los alumnos construyeron entre los conceptos que han aprendido durante la resolución del problema. Ejemplos de estos instrumentos se muestran en el anexo G

Durante la intervención didáctica los alumnos elaboraron 8 diagramas heurísticos en los cuales fueron plasmando sus avances en la solución de sus problemas, a la vez que evaluaban su desempeño utilizando la rubrica de evaluación del diagrama. El diagrama heurístico final elaborado por cada equipo se muestra en el anexo H.

- **Actividades efectuadas al final de la intervención didáctica ABP**

Los alumnos realizaron un simulacro de congreso en el cual expusieron sus problemas, las consideraciones que los llevaron a elegirlos, las dificultades encontradas durante el proceso de solución y de que manera las superaron, así como las soluciones obtenidas. Para ello se apoyaron en sus versiones finales de los diagramas heurísticos construidos.

Se hizo una segunda aplicación de los cuestionarios de Química y de conocimiento de naturaleza de la ciencia en el grupo y también en los otros grupos participantes. Puesto que la intervención didáctica ABP sólo se llevo a cabo en 16 horas de las asignadas a esta unidad, el resto de las sesiones asignadas se utilizaron para continuar con el desarrollo del programa de la asignatura.

3 Resultados

Primera parte: Comparación entre grupos

3.1 Conocimientos de Química

A continuación se reportan los resultados obtenidos por los alumnos en el cuestionario de química para la intervención didáctica y el promedio de los grupos Testigo. En la tabla 1 A se presentan los resultados obtenidos como el promedio del porcentaje de respuestas correctas en el pretest y en el postest, así como la diferencia entre una y otra aplicación. En la tabla 2 A se presentan los resultados obtenidos por tipo de reactivo usado en el cuestionario.

Tabla 1 A Resultados obtenidos por los grupos Testigo en la investigación en el cuestionario de química

	ABP (%)		Grupos Testigo (%)	
	pretest	postest	pretest	postest
Promedio	36.41 +/- 0.10	43.15 +/-0.11	38.5 +/- 0.11	36.57 +/- .09
Variación	6.74		-1.91	

Tabla 2 A Resultados obtenidos por los grupos Testigo en la investigación en el cuestionario de química por tipo de reactivo

	ABP (%)		Grupos Testigo (%)	
	pretest	postest	pretest	postest
Promedio Banco de Reactivos	42 +/- 0.11	51 +/- 0.07	44 +/- 0.07	39 +/- 0.18
Variación	9		-5.2	
Promedio Reactivos <i>Ad Hoc</i>	31 +/- 0.12	35 +/- 0.12	30.4 +/- 0.08	32 +/- 0.06
Variación	4		1.6	

3.2. Conocimiento de naturaleza de la ciencia

Se reportan los resultados obtenidos por los alumnos en los seis ítems que componen el cuestionario, en la tabla 1 B se reportan los resultados para los reactivos de tipo Likert en el pretest y postest y la diferencia entre ambas aplicaciones (Δ). En la tabla 2 B se hizo el mismo procedimiento para las preguntas de respuesta abierta.

La tabla 3 B presenta los resultados obtenidos tras confrontar las respuestas obtenidas en los reactivos de tipo Likert y las preguntas de respuesta abierta, y por último la tabla 4 B resume los resultados obtenidos considerando el total de la prueba.

Tabla 1 B Clasificación de los alumnos de acuerdo con los resultados obtenidos en los reactivos de tipo Likert.

		Observaciones e inferencias (%)			Cambios en las teorías científicas (%)			Leyes y teorías Científicas (%)		
		pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ
ABP	Informado	36	41	5	18	14	-4	0	0	0
	Transicional	55	41	-14	73	55	-18	9	9	0
	Ingenuo	9	18	9	9	31	22	91	91	0
Grupos Testigo	Informado	41	24	-17	29	22	-7	0	0	0
	Transicional	38	54	16	59	57	-2	40	33	-7
	Ingenuo	21	22	1	12	21	9	60	77	17
		Influencia social y cultural en la ciencia (%)			Imaginación y creatividad en la investigación (%)			Metodología de la investigación científica (%)		
		pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ
ABP	Informado	5	5	0	32	36	4	5	0	-5
	Transicional	55	36	-19	45	32	-13	64	45	-19
	Ingenuo	42	59	17	23	32	9	32	55	23
Grupos Testigo	Informado	3	3	0	18	19	1	8	6	-2
	Transicional	30	33	3	20	30	10	79	75	-4
	Ingenuo	67	64	-3	62	50	-12	14	19	5

Tabla 2 B Clasificación de los alumnos de acuerdo con los resultados obtenidos en las preguntas de respuesta abierta.

		Observaciones e inferencias (%)			Cambios en las teorías científicas (%)			Leyes y teorías Científicas (%)		
		pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ
ABP	Informado	41	45	4	18	27	9	0	0	0
	Transicional	45	41	-4	82	64	-18	14	36	22
	Ingenuo	9	14	5	0	9	9	86	64	-22
Grupos Testigo	Informado	41	24	-17	33	15	-18	2	1	-1
	Transicional	42	49	7	44	52	8	26	17	-9
	Ingenuo	17	25	8	23	31	8	73	80	7
		Influencia social y cultural en la ciencia (%)			Imaginación y creatividad en la investigación (%)			Metodología de la investigación científica (%)		
		pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ
ABP	Informado	5	5	0	32	36	4	0	0	0
	Transicional	41	50	9	45	32	-13	91	86	-5
	Ingenuo	55	45	-10	23	32	9	9	14	5
Grupos Testigo	Informado	6	5	-1	20	24	4	5	12	7
	Transicional	23	32	9	15	21	6	59	49	-10
	Ingenuo	71	59	-12	65	51	-14	36	33	-3

Tabla 3 B Clasificación de los alumnos por ítem (Reactivos de tipo Likert y preguntas abiertas)

		Observaciones e inferencias (%)			Cambios en las teorías científicas (%)			Leyes y teorías Científicas (%)		
		pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ
ABP	Informado	27	18	-9	14	0	-14	0	0	0
	Transicional	59	5	-54	77	77	0	9	5	-4
	Ingenuo	9	45	36	9	23	14	91	95	4
Grupos Testigo	Informado	27	2	-25	20	3	-17	0	0	0
	Transicional	47	67	20	56	59	3	24	11	-13
	Ingenuo	26	28	2	24	38	14	76	87	11
		Influencia social y cultural en la ciencia (%)			Imaginación y creatividad en la investigación (%)			Metodología de la investigación científica (%)		
		pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ	pretest	postest	Δ
ABP	Informado	5	5	0	27	36	9	0	0	0
	Transicional	41	32	-9	50	32	-18	64	41	-23
	Ingenuo	55	64	9	23	32	9	36	59	23
Grupos Testigo	Informado	2	0	-2	12	16	4	2	0	-2
	Transicional	18	25	7	20	29	9	55	55	0
	Ingenuo	79	72	-7	67	52	-15	44	38	-6

Tabla 4 B Clasificación de los alumnos para el total de la prueba

		Porcentaje de cambio y resultados globales (%)		
		pretest	postest	Δ
ABP	informado	12	10	-2
	transicional	50	32	-18
	ingenuo	37	53	16
Grupos Testigo	informado	10	4	-6
	transicional	37	41	4
	ingenuo	52	53	1

Segunda parte: intervención didáctica ABP

Se presentan los resultados obtenidos por los alumnos durante la intervención didáctica ABP, considerando los siguientes aspectos

- El tipo de preguntas que hacen los alumnos.
- La clasificación de estas preguntas.
- Las preguntas elegidas por los alumnos y sus variaciones durante el proceso ABP.
- La identificación de ejercicios o problemas en las propuestas de los alumnos.
- El tipo de problema generado por los alumnos.
- Las calificaciones obtenidas por los alumnos en sus diagramas heurísticos.
- Las referencias usadas por los alumnos en la solución de su problema.
- La ejecución de los alumnos en los cuestionarios de asociación de palabras.
- Los mapas conceptuales construidos por los alumnos.

3.3 Preguntas de los alumnos

Tabla 1 C Ejemplos de preguntas elaboradas por los alumnos

Se presentan resaltadas en negritas ejemplos prototípicos de preguntas cerradas, semiabiertas y abiertas, elaboradas por los alumnos tras la lectura de los materiales.

La moda alimenticia (¿Cómo ves? 1999, 8)	El chile, de América para el mundo. (¿Cómo ves?, 2002,49)	Papas fritas, acrilamida y cáncer (¿Cómo ves? 2003, 56)
¿De que están hechos los alimentos?	¿Cómo se sabe que chile pica más? ²	¿Que es la acrilamida?
¿Que diferencias existen entre los alimentos procesados y los naturales?	¿Qué vitaminas contiene el chile?	¿Que son los polímeros?
¿Que factores influyen en nuestra alimentación?	¿Cuál es el consumo mundial diario del chile?	¿Como actúa la acrilamida con algunos catalizadores?
¿Que es la comida Light? ¹	¿Cuál fue su nombre náhuatl?	¿Que relación existe entre la acrilamina y los polímeros?
¿Cómo llega a ser Light la comida?	¿De donde proviene el chile?	¿Cómo se forma la acrilamina según algunos investigadores suecos?
¿Que consecuencias trae la comida Light?	¿Cuál es la capsaicina más destacada de las seis existente?	¿Que son los aminoácidos?
¿Para qué nos sirve la grasa?	¿Por que es necesario que se encuentre chile en nuestra dieta? ³	¿Que son las aminas heterocíclicas?

¹: Pregunta cerrada; ²: Pregunta semiabierta; ³: Pregunta abierta

Tabla 2 C Clasificación de las preguntas de los alumnos tras la lectura de los artículos.

Cerradas	Semiabiertas	Abiertas
79 %	11%	5%

Tabla 3 C Preguntas elegidas por los equipos para construir su problema de investigación.

Equipo	Preguntas
1	¿Por qué deben de ser procesados los alimentos?
2	¿Por qué la acrilamida no se encuentra en todos los alimentos? ¿Cómo es que la acrilamida se encuentra en los alimentos? ¿Hay relación entre la estructura de los alimentos y la función que desempeñan en el organismo? ¿Por qué los nutrientes son importantes para el organismo? ¿Cómo funcionan los nutrientes en el organismo? ¿Cómo funcionan los nutrientes en el organismo cuando se consumen en exceso o en defecto?
3	¿Qué pasaría si todos los alimentos tuvieran acrilamida? ¿Por qué la acrilamida afecta más rápido a los ratones que a los seres humanos? ¿Por qué la comida light trae consecuencias en la salud de las personas que la consumen? ¿Por qué la comida light trae consecuencias en la salud de las personas que la consumen en exceso?
4	¿Por qué la capsaicina ocasiona que te enchiles? ¿Qué consecuencias causa la capsaicina en grandes cantidades? ¿De qué manera podemos saber cuál es el tiempo y los métodos de recuperación al enchilarte? ¿Qué sustancias pueden ayudar en el proceso de recuperación al enchilarte? ¿Qué sustancias nos pueden ayudar a desenchilarnos?
5	¿Por qué la comida chatarra provoca obesidad? ¿Por qué se produce obesidad en el cuerpo o en partes específicas del mismo? ¿Por qué la comida chatarra provoca obesidad? ¿Por qué la comida chatarra provoca obesidad en las personas que no realizan ninguna actividad física o que la consumen en exceso?
6	¿Qué alimentos contienen acrilamida? ¿Cómo es que algunos alimentos tienen más nutrientes que otros? ¿Por qué son importantes los nutrimentos de los alimentos para el ser humano?

3.4 Evaluación de los diagramas heurísticos de los alumnos

Tabla 4 A Características de las preguntas elegidas y calificaciones de los diagramas heurísticos elaborados por los equipos.

Equipo	Sesión	Tipo	Calificación del diagrama heurístico final				
			Hechos	Pregunta	Conceptos	Metodología	Conclusión
1	1	A	2	2	3	2 (ID, IC)	0
2	5	SA	3	3	2	3 (ID)	2
3	3	A	3	3	2	3 (ID, IC)	3
4	6	C	3	3	3	3 (IE)	3
5	4	A	3	2	2	2 (ID, IC)	0
6	4	A	3	3	3	3 (ID)	1

Sesión: se refiere a la sesión en la que quedó definido el problema de investigación

Tipo: Se refiere al tipo de pregunta formulada por el equipo (C=Cerrada; SA= semiabierta; A= abierta)

ID= Investigación Documental; IC= Investigación de Campo; IE=Investigación Experimental

Tabla 4 B Número de referencias consultadas por los alumnos durante la solución del problema

Equipo	Número de referencias	Características de las referencias
1	0	No hay datos disponibles
2	6	Disciplinarias (incluyen paginas electrónicas)
3	6	Disciplinarias (incluyen páginas electrónicas)
4	3*	Paginas electrónicas
5	5*	No disciplinarias
6	5*	Paginas electrónicas

* Al menos dos referencias no corresponden a fuentes que proporcionen información fundamentada.

3.5 Resultados de los cuestionarios de asociación de palabras

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de asociación de palabras considerando el promedio de palabras emitidas por equipo, el promedio de palabras emitidas clasificadas como componentes y el porcentaje de adjetivos emitidos

Tabla 5 A total de palabras emitidas en los cuestionarios de asociación de palabras por equipo

Equipo	1 ^a aplicación	2 ^a aplicación	3 ^a aplicación
1	282	287	342
2	282	331	375
3	320	318	279
4	287	232	250
5	461	478	389
6	157	139	199
Promedio	298	298	306

Tabla 5 B porcentaje de palabras emitidas clasificadas como componentes.

Equipo	1ª aplicación %	2ª aplicación %	3ª aplicación %
1	13	22	22
2	41	54	44
3	6	23	31
4	15	31	29
5	7	9	22
6	31	42	46
Promedio	19	30	32

Tabla 5 C porcentaje de adjetivos emitidos

Equipo	1ª aplicación %	2ª aplicación %	3ª aplicación %
1	2	0	20
2	1	3	9
3	5	10	2
4	3	2	1
5	4	2	4
6	4	3	5
Promedio	3	3	7

3.6 Evaluación de los mapas conceptuales construidos por los alumnos

Los mapas conceptuales construidos por los alumnos se evaluaron considerando los errores que pudieran presentar en su estructura (Tabla 6 A), la calificación del mapa considerando la rúbrica de evaluación así como el tipo de mapa construido por los alumnos (tabla 6B), y el contenido del mapa

Tabla 6 A Errores en la construcción de mapas conceptuales

Equipo	1ª Aplicación (%)			2ª Aplicación (%)			3ª Aplicación (%)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0	0	50	0	0	0	0	0	25
2	0	25	100*	0	0	75	0	0	25
3	0	25	50	0	0	0	0	0	25
4	50	50	75*	0	0	25	0	25	75
5	0	50	50*	0	0	50	0	0	50
6	66	66	66*	0	0	0*	0	0	33

1= No hay mapa

2= No hay conectores o están mal empleados

3= Idea mal estructurada

*Se usaron más conceptos de los indicados

Tabla 6 B Evaluación de la organización del mapa conceptual (promedio por equipo)

Equipo	1ª aplicación		2ª aplicación		3ª aplicación	
	Calificación	Tipo de mapa	Calificación	Tipo de mapa	Calificación	Tipo de mapa
1	13	100 % concreto	11	50% disciplinar	10	75% concreto
2	11	75% concreto	14	50% disciplinar	15	50% disciplinar
3	14	100 % concreto	11	100 % concreto	15	100% concreto
4	4*	100 % concreto	10	75% concreto	12	100 % concreto
5	12	100 % concreto	11.5	100% concreto	13	100% concreto
6	5**	100 % disciplinar	7***	100% concreto	12	66 % concreto

*Dos integrantes del equipo no entregaron mapa conceptual, sino red conceptual

**Dos integrantes del equipo no entregaron mapa conceptual, sino red conceptual; el equipo consta de 3 alumnos

***Un integrante del equipo no entregó mapa conceptual, sino red conceptual.

Tabla 6 E Evaluación del contenido del mapa conceptual (promedio por equipo)

Equipo	1ª aplicación	2ª aplicación	3ª aplicación
1	3	4	3
2	2	3	4
3	3	4	4
4	2*	3	3
5	3	3	3
6	1**	3***	3

*Dos integrantes del equipo no entregaron mapa conceptual, sino red conceptual

**Dos integrantes del equipo no entregaron mapa conceptual, sino red conceptual; el equipo consta de 3 alumnos

***Un integrante del equipo no entregó mapa conceptual, sino red conceptual.

Cuadros Resumen de resultados

Las siguientes tablas presentan de forma resumida los resultados obtenidos durante la investigación, en la tabla 7 A se reportan los resultados de la comparación entre grupos para la aplicación final del cuestionario de Química indicando la variación con respecto al pretest.

En la tabla 7B se presentan los resultados globales obtenidos en el cuestionario de Naturaleza de la Ciencia, y la variación en cada categoría de clasificación con respecto al pretest.

En la tabla 7C se reportan los resultados de la intervención ABP, indicando el método de solución, las referencias utilizadas y la calificación final obtenida en el diagrama heurístico, y por último en la tabla 7 D se presentan los resultados de las listas de asociación de palabras para la categoría componentes y las calificaciones promedio por equipo de los mapas conceptuales construidos.

Resumen de los resultados de la investigación, comparación entre grupos

Tabla 7 A Conocimientos de Química

	ABP	Δ con respecto al pretest	Grupos Testigo	Δ con respecto al pretest
Cuestionario de Química (postest)	43.15 +/-0.11	6.74	36.57 +/- .09	-1.91

Tabla 7 B Naturaleza de la ciencia (postest)

	Diferencia con respecto al pretest (%)		
	Ingenuos	Transicionales	Informados
ABP	16	-18	-2
Grupos Testigo	1	4	-6

Resumen de los resultados de la investigación, intervención didáctica ABP

Tabla 7 C Resultados en los equipos del grupo de la intervención ABP, evaluación de los diagramas heurísticos.

Equipo	Método	Referencias consultadas	Calificación del Diagrama Heurístico final (15 máxima)
1	Investigación de campo y documental	0	9
2	Investigación bibliográfica	6	13
3	Investigación bibliográfica	6	14
4	Experimental	3	15
5	Investigación bibliográfica	5	9
6	Investigación bibliográfica	5	13

Tabla 7 D resultados en los equipos de la última aplicación del cuestionario de asociación de palabras y de los mapas conceptuales construidos.

Equipo	Resultados obtenidos por aplicación					
	Palabras totales emitidas		Promedio de la categoría componentes (%)		Calificación de los mapas conceptuales	
	1 ^a	3 ^a	1 ^a	3 ^a	1 ^a	3 ^a
1	282	342	13	22	13	10
2	282	375	41	44	11	14
3	320	279	6	31	14	14
4	287	250	15	29	4	11
5	461	389	7	22	12	13
6	157	199	31	46	5	11
Promedio	298.2	305.7	18.8	32.3	9.8	12.2

4 Análisis de Resultados

Primera parte: comparación entre grupos

4.1 Cuestionario de química

El grupo de intervención didáctica obtuvo mejores resultados que el promedio de los grupos participantes en la investigación. Estos resultados son aún más interesantes si se considera que la intervención didáctica se llevo a cabo en un poco más de la mitad del tiempo nominal asignado por el programa de la asignatura (16 horas de la intervención didáctica Vs. 30 horas de los otros grupos). Lo anterior muestra que es posible que los alumnos puedan aprender química con el modelo ABP propuesto y que los resultados son mejores que los obtenidos en los grupos testigo del colegio.

A pesar de que la propia literatura reconoce que los cuestionarios y exámenes tradicionales no son el mejor elemento para evaluar el desempeño de los alumnos en modelos de docencia del tipo ABP (no hay una orientación definida a los contenidos de un programa en específico, hay capacidades que no se pueden evaluar con exámenes tradicionales, etc.) (Albanese, 1993, Norman, 2000; Albanese, 2000) los resultados obtenidos dan muestra de que aún con el uso de estos elementos de comparación los resultados de los alumnos son tan buenos como los de sus compañeros.

Sin embargo la desviación estándar de la prueba indica que si bien los resultados de los alumnos del grupo ABP son mejores, por otra parte hay mayores diferencias en el dominio estos conocimientos. Podría suponerse que el tipo de problema planteado por los alumnos tiene alguna relación con esto, por ejemplo algunos alumnos trabajaron un problema con una metodología experimental con poco impacto en el aprendizaje de conceptos disciplinarios, mientras que otros alumnos trabajaron con problemas que requirieron desarrollar investigaciones documentales con énfasis en la disciplina.

Es de destacar que el promedio de los grupos testigo indique malos resultados al final del estudio de la unidad del programa. Parece ser que los alumnos no consolidan su aprendizaje o que se confunden con la nueva información.

Analizando los resultados por tipo de reactivo, para el banco de reactivos el grupo ABP tiene un mejor desempeño que los otros grupos. Esto parecería ser sorprendente pues estos reactivos están orientados a reconocer la adquisición de datos o nombres, y no son estas capacidades las que se promueven en el ABP. De alguna forma, durante el trabajo con los problemas los alumnos pudieron incorporar a su acervo información que pudieron reconocer en la prueba. También es en este tipo de reactivos en los que los alumnos del grupo ABP obtienen resultados más homogéneos lo que indicaría que sin importar el tipo de problema los alumnos estudiaron mas o menos los mismos contenidos. Esto podría explicarse teniendo en cuenta que las preguntas propuestas estuvieron tuvieron en su mayoría relación con los mismos temas.

Aún es más sorprendente que sea en este tipo de reactivos en donde se presente el mayor retroceso, para los otros grupos participantes en la investigación, considerando que algunos de los modelos participantes en el estudio consideran que la repetición y la memorización son buenas estrategias para aprender. Haciendo una aseveración arriesgada podemos decir que los alumnos no estudian lo que se les enseña y/o no lo aprenden.

Para los reactivos *ad hoc* nuevamente el grupo ABP es el que obtiene los mejores resultados, pero bastante inferiores a los obtenidos con los del Banco de Reactivos. Esto no debería ser sorprendente si se considera que estas preguntas están orientadas a establecer inferencias sencillas y el reconocimiento de modelos que en general suelen ser más difíciles de responder para la mayoría de los alumnos.

Por otra parte el resultado del promedio de los grupos participantes en la investigación es mejor que el que se obtiene con el banco de reactivos, es curioso que los mejores resultados los obtengan en aquellos reactivos que no promueven la memorización o la repetición.

Con todo y que el grupo ABP obtuvo los mejores resultados en la prueba, no se puede decir que éstos sean satisfactorios. Es necesario recalcar el hecho de que las calificaciones obtenidas pueden considerarse como reprobatorias, pero en descargo puede decirse que para ser la primera vez en la que el docente y los alumnos participan en una experiencia didáctica de este tipo los resultados obtenidos son prometedores.

Los resultados indican que debe hacerse más énfasis en las actividades que promuevan el análisis de la información más que su memorización, pues en general los alumnos aumentan su conocimiento si no se les requiere memorizar pero si comprender.

4.2 Naturaleza de la ciencia

Observaciones e inferencias

Los resultados obtenidos por el grupo ABP son contradictorios, pues a pesar de que hay un incremento en los alumnos clasificados como informados también lo hay en los alumnos clasificados como ingenuos, ocurriendo lo mismo en las preguntas de respuesta abierta. Al considerar el total del ítem los resultados indican que no hay congruencia en lo que se responde en ambos tipos de reactivos.

A pesar de que en los otros grupos el promedio del aumento de alumnos clasificados como ingenuos fue menor, también es mayor la disminución de los alumnos clasificados como informado. Este cambio es más drástico en las preguntas de respuesta abierta, por ello para el total del ítem es mayor la disminución de alumnos clasificados como informados.

Los resultados obtenidos son contradictorios. Se esperaba que el trabajar con problemas haría evidente para los alumnos que ver no es lo mismo que observar, pues sus hipótesis sobre la solución de su problema expresaría diferentes propuestas que tendrían un correlato con la experiencia y el conocimiento de cada alumno.

Cambios en las teorías científicas

El grupo ABP obtuvo los peores resultados pues no solo disminuyeron los alumnos clasificados como informados, sino que la categoría de alumnos ingenuos aumento casi tres veces. Sin embargo en las preguntas de respuesta abierta si hay un aumento en los alumnos informados lo que indicaría que los alumnos elaboran respuestas mas informadas.

En promedio los otros grupos participantes en la investigación obtuvieron mejores resultados pues a pesar de que aumento la categoría de ingenuos este aumento no fue tan marcado como en el grupo ABP. En las respuestas a las preguntas los alumnos tienen dificultades para elaborar respuestas

informadas, lo que se refleja en la mayor disminución de alumnos informados. Por ello en el mejor de los casos no es posible decir que los alumnos comprenden que el conocimiento científico es tentativo.

Que los alumnos del grupo ABP no hayan tenido mejores resultados es de hecho sorprendente y contradictorio, pues una de las características que hacen equiparable la ciencia con la solución de problemas es la tentatividad de las propuestas de solución, siendo el proceso de solución mismo una expresión de cómo cambia el conocimiento.

Leyes y teorías científicas

En ninguno de los grupos hay alumnos clasificados como informados ni en los reactivos de tipo Likert ni en las preguntas abiertas. Si se considera que el grupo ABP un incremento en los alumnos clasificados como transicionales, mientras que en los otros aumentaron los alumnos clasificados como ingenuos puede decirse con bastante reserva que los mejores resultados correspondieron al grupo ABP.

En este punto en particular no se esperaría que el ABP contribuyera a construir un conocimiento más informado pues no hay paralelos evidentes entre la resolución de problemas y el distinto carácter de las leyes y las teorías.

Influencia social y cultural en la ciencia

Los peores resultados corresponden al grupo ABP que aunque tiene mejores resultados en los reactivos de respuesta abierta su ejecución no es mejor que la del promedio de los grupos participantes en la investigación. Esto también es contradictorio, pues al igual que en los cambios en las teorías científicas, al reconocer la diversidad de enfoques para buscar una solución a su problema se esperaba que los alumnos pudieran reconocer que los valores sociales influyen en la ciencia.

Imaginación y creatividad en la investigación científica

Los resultados del grupo ABP son contradictorios, pues aunque aumenta la cantidad de alumnos clasificados como informados, también aumenta la de alumnos ingenuos en mayor proporción, mientras que los otros grupos mostraron en promedio mejores resultados pues disminuyó la cantidad de alumnos clasificados como ingenuos y aumento la de transicionales e informados en los reactivos de tipo Likert, disminuyendo sensiblemente la cantidad de alumnos clasificados como ingenuos en las preguntas de respuesta abierta. Nuevamente, se esperaba que el trabajar con problemas hiciera evidente a los alumnos que la ciencia –como la resolución de problemas- es una empresa creativa.

Metodología de la investigación científica

Los peores resultados se presentaron en el grupo ABP, al disminuir los porcentajes de alumnos informados y transicionales y aumentar el de ingenuos en ambos tipos de reactivos. No se puede decir que los resultados obtenidos por los otros grupos sean mejores, pues al igual que en el grupo ABP hay una disminución de los alumnos informados y un aumento en los ingenuos.

Es contradictorio y desconcertante que los alumnos no hayan podido relacionar que durante la solución de problemas utilizaron una variedad de métodos, tal y como ocurre en la ciencia.

Es notable que los alumnos del grupo ABP resulten mejor clasificados en las preguntas de respuesta abierta si se considera solo el cambio en los alumnos informados. Pudiera decirse que a pesar de que

los resultados no son los más favorables, los alumnos del grupo ABP tienen más elementos para dar una respuesta que los alumnos de los otros grupos, y que tal vez la redacción de los reactivos de tipo Likert no les permite reconocer sus opiniones.

La ejecución en los reactivos tipo Likert fue más satisfactoria que en las preguntas abiertas, lo cual puede explicarse por la necesidad de seleccionar una respuesta en particular, con lo que podría suponerse que los alumnos tienen algún conocimiento de la naturaleza de la ciencia, esto ya había sido considerado por Vázquez (2005), Abd-El-Khalick (2001) y Lederman (1998) entre otros. Destaca el hecho de que los resultados obtenidos no marquen una tendencia favorable claramente en alguno de los grupos participantes en la prueba si se considera el porcentaje de alumnos informados, aunque pareciera ser que en el caso del grupo carrera II hay un conocimiento ligeramente superior al de los otros grupos participantes si la referencia son los alumnos calificados como ingenuos. Es notable que los resultados menos satisfactorios correspondan al grupo asignatura.

Para las preguntas abiertas los resultados mostraron que el conocimiento que tienen los alumnos de la naturaleza de la ciencia es menor de lo que podría suponerse si sólo se tomaran en cuenta los reactivos tipo Likert; a menudo les costó trabajo redactar una frase que explique su opinión de algún punto en particular, lo que hace que aparezca una porción de las respuestas de los alumnos en los grupos como no clasificables (que no se muestra pero corresponde a la diferencia para el 100%; tabla 2B).

La falta de congruencia entre las respuestas a los reactivos de tipo Likert y las preguntas de respuesta abierta indica que los modelos de docencia que se han presentado más que ayudar a que los alumnos tengan conocimiento de la naturaleza de la ciencia, contribuyen a la confusión de qué es la ciencia y cuál es su propósito. Es notable que en ningún grupo haya alumnos informados en cuestión de cuáles son las características de las leyes y las teorías científicas, aunque este mismo fenómeno ya lo habían registrado los autores de la prueba (Liang, 2006).

Que la cantidad de alumnos informados sea tan pequeña es una muestra de que bajo los modelos de docencia actuales no es una prioridad alfabetizar científicamente, quedándose la preocupación de los docentes en el aprendizaje de los contenidos disciplinarios, que de acuerdo con los autores considerados es insuficiente (Adúriz, 2005; Chamizo, 2005, Vázquez, 2001; Acevedo, 2005). Se hace necesario, en particular para el modelo ABP, brindar los espacios para la reflexión sobre la relación análoga que guardan las actividades de aprendizaje de los alumnos con la ciencia, estableciendo estos análogos de manera que el alumno comprenda cuál es la naturaleza de la ciencia y que se consiga fomentar actitudes informadas sobre la ciencia, sus métodos y sus productos.

Segunda parte Aprendizaje basado en la solución de problemas

4.3 Análisis de las preguntas formuladas por los alumnos

Los alumnos se inclinan por hacer preguntas que apelan al conocimiento superficial y memorístico: se trata de preguntas que buscan información (de tipo cerrado), más que buscar como intervenir o explicar, y aunque si hay ejemplos de preguntas que buscan un conocimiento más profundo, éste puede no estar relacionado directamente con los conocimientos disciplinarios.

Esto revela que no es suficiente que se les enseñe a los alumnos a formular buenas preguntas, sino que debe de hacerse lo posible por que ésta sea una práctica continua en el aula. La capacidad de hacer buenas preguntas debe desarrollarse a través de la práctica (Córdova, 2007).

Construir una pregunta interesante es una tarea difícil, como queda de manifiesto en la cantidad de sesiones que los alumnos tardaron en definirla, aquí es de especial importancia que el docente ayude a los alumnos a reconocer y definir su problema, pues esta es la principal limitación que tuvieron los alumnos y que les hizo cambiar de una a otra pregunta y de un tema a otro. Esto redujo la cantidad de sesiones disponibles para discutir el trabajo que se hace y socializar la información.

La poca experiencia de los alumnos con metodologías de solución de problemas también fue una limitante al formular las preguntas, si se reconoce que de todos los problemas planteados por los alumnos solo uno tuvo un carácter expresamente experimental.

Los docentes debemos promover en el aula que los alumnos adquieran la capacidad de formular preguntas, esto requiere de que la actividad de preguntar y de reconocer las “buenas preguntas” debe ser una actividad frecuente en el aula, común a todas las asignaturas y como parte de las actividades de docencia.

4.4 Evaluación de los diagramas heurísticos de los alumnos

Salvo el caso del equipo 4 que propuso un problema de tipo experimental –y que los aprendizajes relacionados con éste serían más de tipo procedimental- los grupos pudieron proponer problemas de aprendizaje que incorporaron elementos del lenguaje y modelos para una aplicación definida por sus necesidades de aprendizaje.

La evaluación de los diagramas heurísticos muestra que hay mucha dificultad en identificar que modelos son aplicables a los conceptos que conocen o que aprenden. Esta falta de modelos o la “materialidad” de los mismos podrían indicar un conocimiento superficial de los conceptos que se aprenden o que poseen, lo que limita su aprendizaje a glosarios. Esto no es algo poco meritorio, pues una parte importante del dominio de los conceptos lo constituye el componente de lenguaje de los mismos (Chamizo, 2007). Que los alumnos aumenten la precisión de los términos que conocen o que aprenden implica un avance en su conocimiento.

.Es notable el hecho de que a pesar de que se eligió mayoritariamente la investigación documental combinando esta investigación con estudios de campo y encuestas, el diseño de experimentos no fue una actividad que contemplaran para resolver sus problemas; sea por que el planteamiento de su problema no los contemplaba claramente en su propuesta metodológica o por que desconocían la manera de plantear experimentos como método que los ayudaran a recabar datos para resolver el

problema. Esta situación es consistente con la literatura en la que se señala que la mayoría de los alumnos tienen dificultades para plantear, ejecutar y llevar a cabo experimentos (Barr, 1994).

A pesar de haber elegido en su mayoría la investigación documental como metodología para recabar los datos que permitieran la solución del problema, destaca el hecho de que las referencias utilizadas correspondan a cinco materiales en promedio (contando el artículo proporcionado), y que de éstas referencias algunas correspondan a páginas electrónicas con información dudosa, o a libros con poco sustento disciplinario en el tema de interés, por ejemplo, el equipo 5 cita a Rius (1972) con “la panza es primero”, como una fuente autorizada para hablar del metabolismo de las grasas y los carbohidratos (anexo H). El desconocimiento de cómo elegir los materiales para una investigación o la forma de investigar y cómo evaluar la validez de la información son limitaciones importantes en la solución de los problemas.

Las respuestas al problema no cumplieron con la rubrica salvo en dos casos, esto refleja que los alumnos no logran justificar sus respuestas con la investigación efectuada o bien formulan una respuesta “correcta” de acuerdo con su conocimiento del tema (prevalecen de sus ideas de cuál es la explicación del fenómeno más que la interpretación de sus resultados); éste es un punto a tomar en cuenta en subsiguientes trabajos con este modelo de ABP, debe resultar evidente para el alumno el avance en sus capacidades corrientes y como estos avances pueden permitirle una mejor explicación, inclusive si esta contradice sus creencias.

Aunque los resultados anteriores parecerían indicar que los alumnos tienen dificultades serias con el ABP como propuesta educativa si la evaluación se basa en los resultados obtenidos en el diagrama heurístico, lo cierto es que éste, como otros instrumentos didácticos, presenta dificultades en su uso al ser algo totalmente diferente a lo conocido en experiencias previas de aprendizaje. Sin embargo el uso de esta herramienta y en particular la evaluación que hacen los mismos alumnos de sus diagramas les permiten reconocer cuales son sus limitaciones y buscan la manera de superarlas, lo que promueve en ellos el desarrollo de la metacognición. Podemos hacer nuestras las palabras de Gowing sobre la V epistemológica (Novak, 1984), pues aunque elaborar diagramas heurísticos es una labor compleja los alumnos responden favorablemente a ella. En el diagrama consiguen expresar esquemáticamente las partes más importantes de su proceso de solución de problemas y les ayuda a organizar su información y la manera de presentarla.

4.5 Cuestionario de asociación de palabras

El promedio de las aplicaciones muestra que en términos generales los alumnos disponen de más elementos de lenguaje como lo muestra el incremento en el número de palabras emitidas en la tercera aplicación, y que una parte importante de ese lenguaje este asociado con la disciplina. Lo anterior muestra que durante el ABP hay un aprendizaje de los conceptos en su componente de lenguaje, lo cual es consistente con la propuesta de Toulmin de que durante la solución de un problema se producen cambios en el componente de lenguaje de los conceptos (Chamizo, 2007, Chamizo (b), 2005, Izquierdo (c), 2005).

Aún cuando una instrucción expresa del cuestionario era no incluir en las palabras emitidas adjetivos, algunos alumnos incluyeron palabras de este tipo. No hay ninguna tendencia identificable de la emisión de estas palabras con respecto a la aplicación del cuestionario. El uso de adjetivos a pesar de su prohibición expresa en el cuestionario indica que hay deficiencias en el conocimiento del propio lenguaje natural.

4.6 Mapas conceptuales construidos por los alumnos

Los alumnos tuvieron dificultades en un principio en construir mapas conceptuales, lo que supuso un obstáculo para identificar si las ideas que expresaban en ellos tenían sentido, o si solo eran agrupaciones de palabras. Sin embargo la aplicación repetida de este instrumento les permitió aprender a construirlos y a reflexionar sobre los conceptos que utilizaban en ellos.

En casi todos los casos hubo una mejoría en la construcción de los mapas, pues aunque al principio es frecuente encontrar un exceso de conceptos utilizados o aún que no se construyeron mapas conceptuales, al término de la aplicación prácticamente la totalidad de los equipos lograron construir los mapas de acuerdo con las instrucciones indicadas.

La mayoría de los mapas conceptuales utilizados por los alumnos son concretos -no incorporan conceptos de la disciplina- lo que sería un indicio de que el conocimiento de los alumnos es sensorial. Otra posible interpretación de estos resultados podría ser que los alumnos expresan en los mapas relaciones con conceptos que les son más conocidos y que por lo tanto implicarían menos errores al momento de plantear las relaciones entre ellos.

Los errores más comunes en la construcción de los mapas son de generación de ideas y en las relaciones lógicas que se establecen. El equipo 4 fue el que obtuvo los resultados menos favorables lo que es explicable dada la naturaleza de su problema; por otra parte los mejores resultados fueron los de los equipos 2 y 6, cuyos problemas necesitaron de investigación documental más extensa y la incorporación de conceptos disciplinarios necesarios para resolverlo.

La sola aplicación de los mapas conceptuales es insuficiente para promover la reestructuración o la explicitación de los conceptos que utilizan los alumnos, es necesario que el alumno reflexione sobre el contenido y estructura de sus mapas conceptuales. El apoyo de las rúbricas de auto evaluación cumple parcialmente con este cometido, pero es necesario que ésta se comparta ante el equipo, de esta forma se puede aprender a valorar la crítica de los demás y a cuestionar el propio conocimiento.

5. Conclusiones

La construcción de una propuesta didáctica ABP es una tarea que implica el cambio de postura del docente, dejar de ser el jugador estrella del equipo para convertirse en el director técnico. También hace necesario entender qué es un problema, siendo la definición de problema de Toulmin fundamental en el modelo propuesto, pues hace innecesario distinguir entre aspectos de experiencia, familiaridad u otros y pone énfasis en la construcción de capacidades. El modelo ABP propuesto requiere de algunas precisiones pues no siempre es posible reconocer si el alumno realmente plantea un problema de acuerdo con la propuesta de Toulmin; su aplicación en el nivel medio superior puede constituir una experiencia de aprendizaje que permita conseguir la autonomía del alumno, que le permita realmente aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser.

Tomando en cuenta lo anterior es conveniente trabajar en una taxonomía que caracterice los problemas para aprender de acuerdo con la propuesta de problema de Toulmin, de esta manera, sea que el docente proponga los problemas o que éstos sean planteados por el alumno podrá reconocerse si realmente se trabaja con ejercicios o problemas y que estas experiencias puedan generar elementos de intervención en el aula.

Los resultados obtenidos en el cuestionario de química muestran que el modelo ABP propuesto es más ventajoso que otros modelos considerados en esta investigación, pues a pesar de que los alumnos no recibieron clases “formales” de química y de que se trabajó en menos tiempo del asignado por el programa (30 horas de los grupos participantes en la investigación vs. 16 en la intervención didáctica), los alumnos obtuvieron en promedio mejores calificaciones. A pesar de lo anterior los resultados obtenidos son bajos, una posible explicación es que la intervención didáctica se llevo a cabo sin una transición entre el modelo de docencia del docente titular del grupo y la intervención ABP por el tesista.

Aunque se propuso que los alumnos podían aprender acerca de la naturaleza de la ciencia a través de la solución de problemas, los resultados obtenidos no muestran evidencia que apoye esta propuesta. Esto puede deberse a que la prueba utilizada tiene limitaciones para medir estos aprendizajes, aunque reconocemos que no es suficiente con reproducir algunas de las actividades que se hacen en la ciencia para que los alumnos aprendan la naturaleza de ésta, considerando que el tiempo en el que los alumnos trabajaron con el modelo ABP fue muy corto.

Los resultados del grupo ABP son resultados que pueden mejorarse. Para ello es necesario desarrollar actividades que permitan al alumno la reflexión de cómo lo que hacen durante la solución de los problemas reproduce algunas características de la ciencia, de otra forma el propósito –como lo muestran los resultados obtenidos- queda inconcluso, y los alumnos no lograrán entender a la ciencia como una forma de ver el mundo que aporta información valiosa para comprenderlo, ayudar a conservar sus recursos y participar en la discusión racional de temas científicos de interés social.

Es probable pensar que la manera en la cual los maestros dirigen la actividad escolar a partir de sus propuestas didácticas tenga una influencia directa en la forma en la que se interpretan las diferentes características de la ciencia y la investigación científica, aunque no es posible concluir de manera terminante en este punto.

Es importante reconocer la dificultad que representa para los alumnos el construir preguntas que guíen su aprendizaje, las preguntas que a menudo hacen están más ligadas al dato y parecen copias de los

modelos de las preguntas que les han hecho durante mucho tiempo en los libros de texto y en los exámenes (Roca, 2005; Roca (b), 2005; Izquierdo (a), 2005; Vidal, 2005).

El modelo ABP a partir de las preguntas de los alumnos presenta como un obstáculo importante la dificultad que tienen los alumnos en plantear preguntas; sin embargo los resultados obtenidos dan indicios de que es posible trabajar en este modelo si se plantea una organización por etapas, iniciando con buenas preguntas formuladas por el docente y que al mismo tiempo sirvan de ejemplo para la construcción de preguntas por los alumnos, y gradualmente ir transfiriendo la propiedad y autonomía del problema a los alumnos.

Una parte importante del conocimiento lo constituye el lenguaje: El hecho de que los alumnos hayan podido aumentar la cantidad de elementos de lenguaje que poseen, y que estén relacionados con términos de la disciplina es un indicio de que el modelo ABP propuesto promueve el aprendizaje, sin que haya sido necesario recurrir a las clases “tradicionales”.

Fue común que los alumnos no supieran como construir mapas conceptuales y las relaciones que establecieron en sus mapas conceptuales al principio fueron vagas; pero el trabajo con la solución del problema les permitió mejorar el entendimiento de los conceptos y darles significado.

Las relaciones que establecen los alumnos entre los conceptos no son de conocimiento disciplinario “puro”, sino que están ligados a un contexto determinado, a una situación particular que es de su propio interés. Esto se refleja en los diferentes diagramas heurísticos construidos por los alumnos que aunque presentaron algunas dificultades en su uso -como lo fueron el desconocimiento del instrumento, la manera de usarlo y construirlo- permitieron a los alumnos que la relación concepto-modelo-aplicación se hiciera evidente para ellos. El conocimiento construido por los alumnos tal vez no sea lo basto o abundante que desearía el docente en datos, nombres y cifras, pero es un conocimiento ligado a su experiencia y dotado de significado.

Por cuanto a la evaluación del proceso ABP, a pesar de que los alumnos obtienen mejores resultados en el cuestionario de química, hay otras capacidades que se promueven con este modelo de docencia que no pueden ser evaluadas con los modelos de evaluación tradicionales. En este punto hay una asignatura pendiente: ¿Qué instrumentos pueden ayudar a evaluar el proceso de aprendizaje en el modelo ABP? Una herramienta importante puede constituirlo el diagrama heurístico, pero es necesario contar con otros instrumentos además de éste.

Es importante reconocer que en su gran mayoría los alumnos no se inclinaron por la ejecución de experimentos, pues desconocen como llevarlos a cabo y a menudo sus problemas se enfocaron más a investigaciones bibliográficas que a otras metodologías, esto coincide con las investigaciones de la literatura (Barr, 1994). Es necesario por lo tanto ayudarles a que incorporen en sus problemas elementos de trabajo experimental en el que ellos diseñen sus experimentos pues al menos en los resultados obtenidos, la sola resolución de problemas con metodologías no experimentales no contribuye a que los alumnos obtengan un mejor conocimiento de la N de C. La incorporación de experimentos en los problemas a resolver cumpliría un doble propósito, por una parte promueve en los alumnos capacidades como la planeación, la interpretación y análisis así como la comunicación de la información, y por otra parte, le permite asomarse al mundo una de las actividades más importantes de la ciencia.

Los alumnos usan pocas fuentes de referencia y desconocen que criterios hacen confiable la información que utilizan, es necesario ayudarles a construir esos criterios, fomentando el conocimiento para acceder a varios tipos de fuentes o materiales con los cuales puedan contrastar la información.

La propuesta de Toulmin de reconocer a un problema como la diferencia entre las capacidades de un individuo y su poder de explicación abona y da cimiento a la metodología ABP, al definir las características de un problema para aprender considerando la reconstrucción del lenguaje y el aprendizaje del mismo, los modelos que le son inherentes (y que en el caso de la propuesta manejada son muy diversos, pudiendo referirse desde a estructuras de compuestos hasta a maneras de alimentarse) y las aplicaciones en las que son útiles. Con ello se consigue recontextualizar los contenidos en la práctica escolar.

Implicaciones para la docencia

La enseñanza con problemas requiere entender éstos en un sentido amplio (Gil, 1983; Martínez, 2005; Martínez, 1993), pues como se ha explicado no basta considerarlos como las actividades algorítmicas de cálculo que hacemos de manera cotidiana en el aula, sino como un todo que abarca desde investigaciones bibliográficas hasta experimentos (Gil, 1999).

Reconocer un problema en función de la diferencia entre las capacidades de los individuos y su poder de explicación, en un contexto definido por la aplicación (explicar o transformar) (Chamizo (a), 2005, Izquierdo (c), 2005, González, 2005) puede permitirnos a los docentes construir situaciones que sean en realidad problemas y no meros ejercicios (Izquierdo (b), 2005). Se requiere trabajar construyendo problemas que en un principio sean propuestos por los docentes pero que dejen abierta la posibilidad de que los alumnos incorporen sus propias preguntas. Para ello es conveniente desarrollar una taxonomía de los problemas de acuerdo con las categorías propuestas por Toulmin (Chamizo, 2005, Izquierdo, 2005) que permita caracterizar a éstos y reconocer si son problemas y no ejercicios, y que con ello se obtengan elementos para identificar su potencial en las actividades de aprendizaje.

Puesto que las preguntas que formulan los alumnos son en general de tipo no inferencial, el docente debe promover en los alumnos la capacidad de generar preguntas (Roca, 2005; Roca (b), 2005), y que los textos también presenten ejemplos de buenas preguntas (Izquierdo (a), 2005), que sean interesantes y que el alumno pueda responder de manera autónoma. El docente debe ser el modelo en el que se personifique esta capacidad de hacer preguntas cambiando la manera de hacerlas (Roca, 2005). Pero aún así, es necesario buscar una forma para promover a los alumnos la capacidad de aprender a preguntar.

También es tarea del docente ayudarle al alumno a entender cuales son las características de los experimentos y como puede plantearlos pues estos tienen potencial para mejorar el conocimiento de la N de C y promover capacidades de alto nivel cognitivo (Barr, 1994), y en este punto el ABP puede ser una forma ventajosa de enseñar a los alumnos a diseñar y ejecutar sus experimentos. Pero el docente no debe llegar con la práctica de gabinete que en la práctica no promueve ni el interés de los alumnos y les permite plantearse preguntas o responder a éstas (Hodson, 1994), la actividad experimental debe surgir en el contexto del problema, esto no significa otra cosa que problematizar los experimentos.

Trabajar con varios problemas a la vez es una experiencia desafiante pero enriquecedora para los docentes. A menudo no tener una respuesta es la mejor respuesta que puede darse a los alumnos, pues los elementos de incertidumbre los pueden motivar a buscar sus propias explicaciones. Esto no significa que el docente se desentienda de su trabajo, en todo caso es una valiosa oportunidad para

reflexionar sobre la propia práctica docente y sobre los conocimientos que se han dado por válidos sin ningún cuestionamiento. Por facilidad administrativa tal vez sea conveniente fijar como máximo dos o tres problemas para el trabajo del grupo, pero que haya varios grupos trabajando en ellos, así, la posibilidad de compartir información y contrastarla- aún fuera de la clase- es mayor.

La aplicación de una propuesta ABP requiere de la incorporación de nuevos instrumentos de evaluación que se sumen a los tradicionales, y que sean viables para su aplicación en el bachillerato, pues muchas de las capacidades desarrolladas con esta propuesta no son evaluables los exámenes convencionales (Martínez, 2007; Norman, 2000; Albanese, 2000). Herramientas como el diagrama heurístico pueden ayudar a cubrir vacíos en la evaluación de las capacidades desarrolladas por los alumnos como pueden ser la planeación de metodologías de solución y la cantidad y tipo de fuentes consultadas.

Al aprender construimos nuevos significados, es posible que una manera de conocer de que manera se construyen estos significados es mediante la investigación de la actividad de los alumnos con instrumentos como las listas de asociación de palabras y los mapas conceptuales construidos a partir de ellos. Esta puede ser una línea de investigación a desarrollar.

Conocer el tipo de fuentes que utilizan los alumnos puede ser un objeto de investigación con el fin de conocer cuales son los criterios de los alumnos para dar por válida cierta información. El conocer estos criterios permitiría diseñar intervenciones didácticas que mejoren las habilidades de selección de materiales por los alumnos.

La alfabetización científica entendida como el conocimiento de la N de C no puede conseguirse sólo con las prácticas de la ciencia como lo son el resolver problemas o la ejecución de actividades experimentales. Se requieren actividades que contribuyan explícitamente a la reflexión de los alumnos de las características de la ciencia en las tareas que llevan a cabo en su práctica escolar (Acevedo, 2007; Acevedo, 2005; Acevedo, 2003; Adúriz, 2005). Para ello es necesario diagnosticar cuales ideas tienen los alumnos con respecto a la ciencia, por lo que se necesitan instrumentos que puedan aplicarse para este fin como puede ser el SUSSI (Liang, 2006).

Es necesario que se incorpore en los programas de estudio explícitamente la N de C como un contenido que debe enseñarse (Adúriz, 2005; Adúriz, 2002), pero además también es necesario que en los cursos de formación de profesores se incorpore su discusión (Adúriz, 2002), pues si se modifica el conocimiento de la N de C en los docentes, cambiará favorablemente la manera de enseñar ciencias.

Los resultados de la aplicación de este modelo son más interesantes si se considera el poco tiempo en el cual se llevo a cabo la intervención didáctica, y la cantidad de elementos nuevos que tuvieron que aprender los alumnos. Aprender a investigar, definir criterios de validez de la información, conducir y planear experimentos e investigaciones, hacer mapas conceptuales y diagramas heurísticos son todas ellas capacidades que limitaron el tiempo efectivo de la intervención. En cursos de mayor duración, o si los alumnos tuvieran algunas de estas capacidades, es muy probable que los resultados que se obtuvieran fueran mejores.

Reflexiones Finales

El definir un problema para aprender en términos de Toulmin (que requiera ampliar el lenguaje, identificar y construir los modelos apropiados para el uso de ese lenguaje, y su aplicación en

situaciones concretas), supone un avance en la didáctica de las ciencias pues enriquece el trabajo docente, y elimina la necesidad de suponer problemas aplicación, ejercicios, practicas de laboratorio, etc., como entidades separadas, lo que permite estructurar propuestas innovadoras de enseñanza, y promueve ambientes de aprendizaje centrados en el alumno y en su trabajo.

La enseñanza, centrada en el profesor que expone no parece ser la mejor alternativa si se desea promover el aprendizaje no solo de los conceptos propios de la disciplina, sino también de actitudes hacia la ciencia; por otra parte, la sola calificación de las actividades de los alumnos tampoco parece suficiente pues el trabajar cooperativamente, importante en sí mismo por los aprendizajes no disciplinarios que promueve (tolerancia, solidaridad, esfuerzo personal para el logro grupal, etc.)

Las preguntas que los alumnos hacen son una muestra de lo que ha hecho el sistema educativo con la curiosidad de los jóvenes. En vez de preguntar “¿por qué pasa esto?”, se quedan con los datos como centro de su aprendizaje, que a menos que estén en un área del conocimiento que los requiera son bultos inservibles, localizables en almanaques o enciclopedias o aún en la Internet y que no aportan nada a su crecimiento intelectual. Debería ser una prioridad de los docentes revivir esa curiosidad, pero eso no se puede hacer en una cultura enciclopedista, se requiere plantear claramente que es lo que se está necesitando, ciudadanos curiosos o meros instrumentadores de trabajos administrativos y/o operativos sin ambiciones de innovar, contentos con que otros piensen y tomen decisiones por ellos.

El aprendizaje basado en la solución de problemas es una metodología que en principio permite conjuntar el aprendizaje conceptual, las actividades experimentales y de investigación de manera que el alumno aprende mientras resuelve, de manera similar a como se genera el conocimiento en la ciencia de vanguardia, en este sentido tenemos un análogo en la ciencia escolar. Se puede instrumentar a partir de las propias preguntas de los alumnos, pero es necesario enseñarles a plantear buenas preguntas como una actividad cotidiana. Otra posibilidad es diseñar desde un principio problemas que cubran los requisitos expuestos por Toulmin, considerando otras modalidades como lo sería la exposición de casos, o problemas diseñados en específico por el docente; puede ser esta vía un camino interesante para comparar diferentes problemas y su potencial en el aprendizaje de los alumnos.

Enseñar a resolver problemas sólo tiene sentido para el que resuelve el problema, pueden enseñarse atajos como los algoritmos o las heurísticas, sin embargo es el descubrimiento por el que resuelve de éstos mecanismos de resolución lo que potencia el aprendizaje de cada individuo.

En una sociedad altamente tecnificada, en la que los productos de la ciencia han facilitado la vida de millones de seres humanos, pero que han ampliado también la brecha entre pobres y ricos de espíritu (y de bienes también); el conocimiento de qué es la ciencia, cuales son sus métodos, y cuales las características de sus productos, deberían de ser prioridades en donde las aplicaciones mas radicales (clonación, terapia genética, uso de conservadores alimenticios, herbicidas, energía nuclear, etc.) han generado un divorcio irracional entre el conocimiento del hombre de la calle y el de la ciencia. La ciencia debe entenderse como una manera de ver el mundo, como una forma de vida (Sagan, 1997).

Referencias

- ABD-EL-KHALICK, F., LEDERMAN, N.G., Bell, R. L., Schwartz, R. S. (2001). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Anual Meeting of the Association for the Education of Teachers in Science, Costa Mesa, California. EEUU.
- ACEVEDO, J. A., Acevedo, P. (2002, 4-5-2007). "Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria." Revista Iberoamericana de Educación. De los lectores 1^a. Consultado el 4-5-2007, desde <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>.
- ACEVEDO, J. A., Vázquez, A., Manassero M. A. (2003) "Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas." Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. 2(2): 32
- ACEVEDO, J. A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, M. F., Manassero, M. A. (2005). "Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica." Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 2(2): 121.
- ACEVEDO, J. A., Vázquez, A., Acevedo, P., Manassero M. A. (2007). "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica." Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 4(1): 42-66.
- ACEVEDO, J. A., Vázquez, A., Acevedo, P., Manassero M. A., Acevedo-Romero P. (2005) "Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia." Educación Química 16(3): 372-382
- ADÚRIZ, A., Izquierdo, M. y Estany, A (2002). "Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación." Enseñanza de las Ciencias 20(3): 477-488.
- ADÚRIZ, A. (2005). Una introducción a la naturaleza de la ciencia. Capital Federal, Fondo de Cultura Económica.
- ALBANESE, M. A.; Mitchell, S. (1993). "Problem-based Learning: A review of Literature on Its Outcomes and Implementation Issues". Academic Medicine. 68(1): 52 -79
- ALBANESE, M (2000). "Problem-based learning: why curricula are likely to show little effect on knowledge and clinical skills". Medical Education (34): 729-738.
- ALTERS, B. J. (1997). "Whose nature of science?" Journal of Research in Science Teaching(34): 39-55.
- AMORIM, C. (2005). "Beyond algorithmic thinking: an old new challenge for science education." 8th. International History and Philosophy of Science Teaching Group International Conference. Leeds
- ANTONIO, R., García, E. (2003). Acciones de evaluación en las instituciones públicas de educación media superior. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. México

- ATIENZA, M. (2005). Las razones del derecho. Teoría de la argumentación jurídica. UNAM. Consultado 20-6-2007 desde <http://www.bibliojuridica.org/libros/libro.htm?l=710>.
- AYMA, G. V. (1996). Aulas de laboratorio usando material experimental. Disertación de maestría Inédita. Sao Paulo, Instituto de Física y Facultad de Educación. Universidad Federal de Rio Grande do Sul.
- BALOCCHI, E. M., B.; Martínez-M, M; Padilla, K; Reyes-C, F; Garritz, A. (2005). "Aprendizaje cooperativo del concepto 'cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química. Parte I. El aprendizaje cooperativo." Educación Química **16**(3): 469-485.
- BAROJAS, W., J., Sierra, V., F., J. (2002). Desarrollo de comunidades de aprendizaje con alumnas de física del Colegio Francés del Pedregal. XVIII Simposio Internacional de Computación en la Educación. Zacatecas: 9.
- BARONA, C. V., J., Moreno, M., Lessard, C. (2004) La concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC) de un grupo de docentes inmersos en un programa de formación profesional en ciencias. Revista Electrónica de Investigación Educativa **6**(2): 19.
- BARR, B., B. (1994). Research on problem solving: elementary school. Handbook of Research on Science Teaching and Learning. D. Gabel. New York. McMillan: 237-247.
- BECERRA, C., Gras-Martí, A., Martínez Torregrosa, J. (2004). "Análisis de la solución de problemas de física en secundaria y primer curso universitario en Chile." Enseñanza de las Ciencias **22**(2): 275-286.
- BINDÉ, J. (2000). "¿Cómo será la educación del siglo XXI?" Consultado 25-04-2007, 2007, desde <http://www.ibe.unesco.org/publications/Prospects/ProspectsPdf/124s/bins.pdf>.
- BODNER, G. M.; Domin, D.S. (2000). "Mental models: the role of representations in problem solving in chemistry." University Chemistry Education **4**(1): 24-30.
- BODNER, G., M., Bhattacharyya G. (2005). "A cultural approach to problem solving." Educación Química **16**(2): 222-229.
- BODNER, G. M. (1991). "Toward a unified theory of problem solving: a view from chemistry". Toward a unified theory of problem solving: Views from Content Domain. Lawrence Erlbaum Associates: Hilledale NJ. pp 21-34
- BODNER, G. M. (1987). "The role of algorithms in teaching problem solving." Journal of Chemical Education **64**: 513-514.
- BOUD, D., Feletti, G.I. (1997). The challenge of problem-based learning. Londres, Kogan. Pp. 344
- CAAMAÑO, A. (2001). "La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España." Educación Química **12**(1): 7-17.

CABRERA, G., Elórtégui, N. (1998). "La incorporación de los trabajos prácticos a la resolución de problemas." II Simposio sobre la Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria. Madrid . 234-238.

CAMPANARIO, J. M., Moya, A. (1999). "¿Cómo enseñar ciencias?, principales tendencias y propuestas." Enseñanza de las Ciencias **17**(2): 179-192.

CAMPANARIO, J. M. (1999). "La ciencia que no enseñamos." Enseñanza de las Ciencias **17**(3): 397-410.

CASTELÁN, M., Castellanos, M. J., Hernández, A. S., López, M., Ramírez, R., Velásquez, A. (2004). Banco de reactivos de opción y formativos para la evaluación de los aprendizajes en química II. Seminario Interplanteles para la Evaluación de los Aprendizajes en Ciencias Experimentales. México, UNAM: 63.

CCH. (1971). Gaceta Amarilla del CCH. México D. F., UNAM.

CCH. (2003). "Programas de estudio de química I a IV." Programas de estudio Consultado 25-02-2005, desde <http://www.cch.unam.mx/plandeestudios/asignaturas/quimica/quimica.pdf>.

CENEVAL (2003). "Evaluación de la educación media superior. Resultados globales." Este País(149): 56-59.

CTL (Center for Teaching and Learning). (2001). "Aprendizaje basado en problemas". Speaking of Teaching. 11(1) Consultado 20-02-2005, desde http://www.ub.es/mercanti/abp_traducccion.pdf

CHAMIZO, J. A. (1996). "Evaluación de los aprendizajes en química segunda parte: Registros de aprendizaje, asociación de palabras y portafolios." Educación Química **7**(2): 86-89.

CHAMIZO, J. A. (1997). "Evaluación de los aprendizajes. Tercera parte: POE, auto evaluación, evaluación en grupo y diagramas de Venn." Educación Química **8**(3): 141-145.

CHAMIZO, J. A. (2000). "La enseñanza de las ciencias en México. El paradójico papel del profesor." Educación Química **11**(1): 132-136.

CHAMIZO, J. A., Hernández, G.(b) (2000). "Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado." Educación Química **11**(1): 182-187.

CHAMIZO, J. A., Izquierdo-Aymerich., M.(a) (2005). "Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía." Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales(46): 9-17.

CHAMIZO, J. A. (b) (2005). We, teachers of chemistry, have become teachers of the history of chemistry... but which type of history must we teach? 8th. International History and Philosophy of Science Teaching Group International Conference. Leeds

CHAMIZO, J. A., Izquierdo, M. (a) (2007). "La evaluación de competencias de pensamiento científico." Educación Química **18**(1): 6-11.

- CHAMIZO, J. A. (b) (2007). "Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias." Enseñanza de las Ciencias **25**(1): 133-146.
- CHI, M. T. H., Feltovich, P. J., Glaser R. (1981). "Categorization and representation of physics problems by experts and novices." Cognitive Science **5**: 121-152.
- CHI, M. T. H., Slotta J. D., de Leeuw N. (1994). "From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts." Learning and Instruction **4**: 27-43.
- COLLIVER, J.A. (2000). "Effectiveness of Problem-based Learning Curricula: Research and Theory." Academic Medicine. **75**(3): 259-265
- COLOMBO, L. (1997). "Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias." Enseñanza de las ciencias **17**(2): 327-331.
- CONACyT. (1998). "La percepción pública de la ciencia y la tecnología en México 1997." Consultado 10-10, 2006, desde <http://www.redhucyt.oas.org/ricyt/interior/biblioteca/uruetadoc.pdf>.
- CORCORAN, T. (2002). "Problem-Based learning: And Overview." Consultado 10-2-2006, desde <http://www.caledonian.ac.uk/nmch/newstudent/downloads/pblc.pdf>.
- CÓRDOVA, J. L. (2005). "El arte de resolver problemas." Educación Química **16**(2): 260-283.
- CORDOVA, J.L., Feregrino, V., Reza, C., Ortiz, L, Dosal, A. (2007). "La importancia de las preguntas". Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. (54):16-27
- DE LA PEÑA, J. A. (2005). "La percepción publica de la ciencia en México." Ciencias(78): 30-36.
- DEMARÍA, I., Trapé, M., Bellú, S., Rizzotto, M., (2003). Propuesta de cambio curricular para las carreras dictadas en la facultad de ciencias bioquímicas y farmaceuticas, UNR. Congreso Latinoamericano de Educación Superior en el Siglo XXI. San Luis. Argentina, Congreso Latinoamericano de Educación Superior.
- Desconocido. (2006). "George Pólya: Estrategias para la Solución de Problemas." Consultado 2-05-2006, 2006, desde <http://www.winmates.net/polya.php>.
- DÍAZ, A. F., Hernández, R. G. (1998). Aprendizaje cooperativo y proceso de enseñanza. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México, McGraw-Hill.
- DIDE (Dirección de Investigación y Desarrollo educativo), (2007). "El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica. Las Estrategias y Técnicas Didácticas en el rediseño. ITESM. Consultado 5-5-2007 desde <http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/inf-doc/abp.pdf>
- DINH, K. L., Doukas, D. J., Fetters M. D. (1995). "Religious leaders' attitudes and beliefs about genetics research and the human genome project." The Journal of Clinical Ethics **6**(3): 237-246.
- EUSCÁTEGUI, R., Pino, S. (2005) La reestructuración curricular como resultado de los procesos sociales. Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa **1**(3):10

- EVERWIJN, S. E. M., Borners, G. B. J., Knubben J. A. (1993). "Educación basada en la capacidad o en la competencia: cierre de la brecha entre la adquisición de conocimiento y capacidad para aplicarlo." Higher Education(25): 425-438.
- FLORES, F. (2004). "El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas." Educación Química **15**(3): 256-269.
- FONT, A. (2004). "Líneas maestras en el Aprendizaje por Problemas." Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado . (49): 79-96.
- FRANK, D. V., Baker, C. A.; Herron, J. D. (1987). "Should students always use algorithms to solve problems?" Journal of Chemical Education **64**(6): 514-515.
- FREITAS, I. M., Jiménez R., Mellado V. (2004). "Solving physics problems: the conceptions and practice of an experienced teacher and an inexperienced teacher." Research in Science Education (34): 113-133.
- GABEL, D. L., Bunce, D. M. (1994). "Research on problem solving: chemistry". Handbook of Research on Science Teaching and Learning. D. L. Gabel. New York, Macmillan: 301-326.
- GALAGOVSKY., L. R. (2005). "La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes?" Química Viva 4(1): 8-22
- GALLEGO, A. P. (2007). "Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics." Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 4(1): 141-151.
- GALLOPIN, G. C. (2002). Ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible. Una perspectiva latinoamericana y caribeña. Taller regional latinoamericano y caribeño sobre ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible, Santiago de Chile, 5 al 8 de marzo de 2002, CEPAL.
- GARRITZ, A. (2001). "La educación química en México." Revista de la Sociedad Química de México **45**(3): 109-114.
- GARRITZ, A. (2005). "Resolución de problemas." Educación Química **16**(2): 218-220.
- GARRITZ, A. (2006). "Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano." Revista Iberoamericana de Educación.(42): 127-152.
- GARRITZ, A. y Chamizo, J.A. (2001). Química. México: Pearson.
- GIL, D., Martínez, J. (1983). "A model of problem-solving in accordance with scientific methodology." European Journal of Science Education **5**(4): 447-455.
- GIL, D., Dumás, A., Caillot, M., Martínez, J., Ramírez, L. (1988). "La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación." Investigación en la Escuela(6): 3-19.
- GIL, D., Guzmán, M. (1993). Enseñanza de las ciencias y la matemática: tendencias e innovaciones. Organización de Estados Iberoamericanos.

GIL, D., Furió, C., Valdéz, P., Salinas, J., Martínez, J., Guisasola, J., Gonzales, E., Dumás, A., Goffard, M., Pessoa, A. M. (1999). "¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?" Enseñanza de las Ciencias **17**(2): 311-320.

GIL, D., Vilchez, A., Toscano, J. C., Macías, O. (2006). "Década de la educación para un futuro sostenible (2005-2014): un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta." Revista Iberoamericana de Educación(40): 125-178.

GILBERT, G. L. (1980). "How do I get the answer?" Journal of Chemical Education **57**(1): 79-81.

GÓMEZ, M. R. (2007). "Factores que influyen en el éxito de los estudiantes en resolver problemas de química." Enseñanza de las Ciencias **25**(1): 59-72.

GÓMEZ, M. R., Sanmartí, N. (1996). "La didáctica de las ciencias: una necesidad." Educación Química **7**(3): 156-168.

GONZÁLES, G. F. M. (2001). Diagnóstico de errores conceptuales. Jornada sobre Innovación Educativa. Pamplona, Universidad Pública de Navarra.

GONZÁLEZ, A. (2005). "Resolver problemas para aprender: una propuesta para el desarrollo de competencias de pensamiento científico en la facultad de ciencias." Enseñanza de las Ciencias **Número extra**(VII congreso).

GRAESSER, A. C., Olde, B., Pomeroy, V., Whitten, S., Lu, S., Craig, S. (2005). "Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos." Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa(36): 103-128.

GUISASOLA, A., L., Ceberio, G., M., Almudí, G., J., M., Zubimendi H., J., L., (2001). "La enseñanza de problemas-tipo en el primer curso de ingeniería y el aprendizaje significativo de los conceptos y principios fundamentales de la física." Caderno Brasileiro de Ensino de Física **19**(1): 7-28.

HALLMAN, W. H., Adelaja, A. O., Schilling, B. J., Lang, J. T. (2002). "Public perceptions of genetically modified foods. Americans know not what they eat." Reports Consultado 3-1-2007, desde <http://www.foodpolicyinstitute.org/docs/reports/Public%20Perceptions%20of%20Genetically%20Modified%20Foods.pdf>.

HAYES, J. R. (1989). The complete problem solver. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

HELGESON, S., L. (1994). Research of problem solving: middle school. Handbook of Research on Science Teaching and Learning. D. Gabel, L. New York. McMillan. **1**: 248-268.

HEYWORTH, R., M. (1989). "Expert-novice differences in the solving of a basic problem in chemistry." CUHK Education Journal **17**(1): 59-72.

HODSON, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio." Enseñanza de las Ciencias(12): 299-313.

- INEGI. (2005). "Indicadores seleccionados sobre el nivel de escolaridad, promedio de escolaridad, aptitud para leer y escribir y alfabetismo, 1960 a 2005." Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica, Consultado 12-10-2006, desde <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=medu09&c=3277>.
- IRAZOQUE P., G. (2005). "Más problemas, ¿para qué?" Educación Química **16**(2): 279-283.
- IZQUIERDO, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. Didáctica de las Ciencias Experimentales. F. J. Perales, Cañal, P., Alcoy: 35-64.
- IZQUIERDO, M. (a) (2005). "Estructuras retóricas en los libros de ciencias." Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa(36): 11-33.
- IZQUIERDO, M. (b) (2005). "¿Para qué se inventaron los problemas de química?" Educación Química **16**(2): 246-259.
- IZQUIERDO, M., Chamizo J., A. (c) (2005). Toulmin's concepts and problem characterization in chemistry and chemistry teaching. 8th. International History and Philosophy of Science Teaching Group International Conference. Leeds
- JOHNSON, D. W., Johnson, R. T.; Holubec, E. J. (1999). La cooperación. El concepto de aprendizaje cooperativo. El aprendizaje cooperativo en el aula. Buenos Aires, Paidós.
- KIND, V. (2004). Más allá de las apariencias: ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. México. Santillana/Facultad de Química UNAM.
- LEDERMAN, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., Schwartz, R. (2002). "Views of Nature of Science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science." Journal of Research in Science Teaching **39**(6): 497-521.
- LIANG, L. L. C., S.; Chen X.; Kaya, O. N.; Adams, A. D.; Macklin, M.; Ebenezer, J. (2005). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revisión and further validation of an assessment instrument. Eighth International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference Leeds, University of Leeds, England
- LIANG, L. L. C., S.; Chen X.; Kaya, O. N.; Adams, A. D.; Macklin, M.; Ebenezer, J. (2006). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and further validation of and assessment instrument. Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST). San Francisco, California, EEUU, NARST.
- LIRA, A. (2006). "Solución de problemas de física moderna a nivel bachillerato". Tesis de maestría UNAM. 193 pp.
- LÓPEZ, A. B. (2004). "Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia." Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **1**(2): 70-86.
- MÁRQUEZ, C., Bonil, J., Puyol, R. M. (2005). "Las preguntas mediadoras como recursos para favorecer la construcción de modelos científicos complejos." Enseñanza de las ciencias **Numero extra**(VII Congreso): 1-5.

- MARTÍNEZ, J., Domenech, J.L., Verdú R. (1993). "Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: la epistemología de las ciencias como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias física y química." Curriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa(6-7): 67-90.
- MARTÍNEZ, M., Ibañez, M. (2006). "Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia." Enseñanza de las Ciencias **24**(2): 193-206.
- MARTÍNEZ, M. M., Balocchi, C., E., Cerón, F., R. (2000). "El desarrollo de la educación química en Chile: un análisis retrospectivo y prospectivo." Educación Química **11**(1): 150-154.
- MARTINEZ, J., Gil-Pérez D., Becerra L. C., Guisasola, J. (2005). "¿Podemos mejorar la resolución de problemas de "lápiz y papel" en las aulas de física y química?" Educación Química **16**(2): 230-245.
- MCCOMAS, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. The Nature of Science in Science Education. W. F. McComas. Netherlands, Kluwer Academic publishers.
- MELLADO, J. V. (2003). "Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia." Enseñanza de las Ciencias **21**(3): 343-358.
- MORALES, P., Landa, V. (2004). "Aprendizaje basado en problemas problem-based learning." Theoria **13**: 145-157.
- NAKHLEH, M. B., Mitchell, R. C. (1993). "Concept learning versus problem solving." Journal of Chemical Education **70**(3): 190-193.
- NRC. (1996). National Science Education Standards. Washington D.C., National Academy of Sciences.
- NORMAN, G. R. (2000). Effectiveness of problem-based learning curricula: theory, practice and paper darts. Medical Education. (34): 721-728
- NOVAK, J. D., Gowin, D. B. (1988). Learn how to learn. New York. Cambridge University Press.
- PADRÓN, J. (1996). En Chacín, M. y Padrón, J.: Investigación-Docencia, Temas para Seminario. Caracas: Publicaciones del Decanato de Postgrado de la USR. Consultado el 20-1-2008 desde http://www.geocities.com/josepadron.geo/Que_es_un_problema.htm
- PIAGET, J., Ed. (1961, 16ª reimp, 2004). La formación del símbolo en el niño. Imitación, juego y sueño. Imagen y representación. México, Fondo de Cultura Económica.
- PIAGET, J. (1964). "Part I, Cognitive development in children: Piaget." Journal of Research in Science Teaching **2**(3): 176-186.
- PISA (a) (2004). Learning for tomorrow's world. Paris, OECD.
- PISA (b) (2004). A problem solving for tomorrows's world. Paris, OECD.

- POSNER, G. J., Strike, K. A., Hewson, P.W., Hertzog, W. A. (1982). "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change." Science Education **66**(2): 211-227.
- POZO, J. I. (1996) La psicología cognitiva y la educación científica. Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias **1**(2): 23
- POZO, M. J. I., Ed. (1998). Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje. Psicología y Educación. Madrid, Alianza Editorial.
- ROCA, M. (2005). "Las preguntas en el proceso de enseñanza aprendizaje." Educación(33): 73-80.
- ROCA, M., Márquez, C. (b) (2005). "Las preguntas de los libros de texto y la construcción de los modelos científicos." Enseñanza de las Ciencias **Numero extra**(VII Congreso): 1-6.
- RUEDA, C. (2004). El enfoque ciencia-tecnología y sociedad en la educación en México: antecedentes estado actual y perspectivas. Perspectivas Ciencia-Tecnología-Sociedad en la innovación en educación en ciencia, Aveiro, Portugal, Universidade de Aveiro.
- RUGARCÍA, A. (2005). "Mas allá de la resolución de problemas." Educación Química **16**(2): 284-303.
- SABARIEGO, J. M., Manzanares, M. (2006). "Alfabetización científica". I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Ciudad de México. Consultado el 20-1-2008 desde <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p35.pdf>
- SAGAN, C. (1997). El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad. México; D.F., Planeta.
- SALAS, J. J., Sanjosé, V. (2006). "Problemas algorítmicos y conceptuales: Influencia de algunas variables instruccionales." Educación Química **17**(3): 372-378.
- SANTILLÁN, C., F. (2006). "El aprendizaje basado en problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales y el B-learning." Revista Iberoamericana de educación **40**(2): 5.
- SAVERY, J. R., Duffy, T. M. (1995). "Problem based learning: an instructional model and its constructivist framework." Educational Technology **35**: 31-38.
- SCHRADER, C. L. (1987). "Using algorithms to teach problem solving." Journal of Chemical Education **64**(6): 518-519.
- SEP, Ed. (2006). Reforma de la educación secundaria. Fundamentación curricular. Ciencias. México, Comisión del libro de texto gratuito.
- SIERRA, J., Barojas, J. (2002). Planeación y evaluación del trabajo colaborativo. XX Simposio Internacional de Computación en la Educación. Zacatecas 20-10-2002
- SMITH, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, F., Clough, M. (1997). "Comments and criticism. How great is the disagreement about the nature of science: A response to Alters." Journal of Research in Science Teaching **34**(10): 1101-1103.

- SOUBIRON, E. (2005). "La aplicación de las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como estrategia didáctica en el aprendizaje de la Química". Consultado 20-12-2007 desde <http://www.ces.edu.uy/Quimica/quimicalibro/quimicalibro.PDF>
- STAMOVLASIS, D., Tsarpalis G. (2000). "Non-linear analysis of the effect of working-memory capacity on organic-synthesis problem solving." Chemistry Education: Research and Practice in Europe 1(3): 375-380.
- STAMOVLASIS, D., Tsarpalis G. (2001). "Application of complexity theory to an information processing model in science education." Nonlinear Dynamics Psychology, and Life Sciences 5(3): 267-286.
- TEICHLER, U. (1998). Las exigencias del mundo del trabajo. Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. Paris, UNESCO.
- TSARPALIS, G., Kousathana, M., Niaz, M. (1998). "Molecular-equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of M-demand, and their effect on student performance." Science Education 82(4): 437-454.
- UNAM. (2003). "Proyecto de creación Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS)". Consultado el 20 de diciembre de 2007 desde <http://www.posgrado.unam.mx/madems/PDF/plan.pdf>
- UNESCO. (1998). "Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción y marco de acción prioritaria para el cambio y el desarrollo de la educación superior." Conferencia Mundial Sobre la Educación Superior Consultado 15-04-2007, 2007, desde http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm#marco.
- VARAS, M. (2004). Desarrollando competencias específicas y genéricas en modelamiento de datos. Congreso Chileno de educación superior en computación. Arica
- VÁZQUEZ, A. (2005) Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. Revista Electrónica de Investigación Educativa. 7 (1) Consultado 20-8-2006 desde <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>
- VÁZQUEZ, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A., Acevedo, P. (2001). "Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia." Sala de lectura Consultado 12-10-2006, 2006, desde <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm>.
- VÁZQUEZ, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A., Acevedo, P. (2006) Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. Revista Electrónica de Investigación Educativa 8(2) Consultado 14-08-2006 desde <http://www.oei.es/salactsi/acevedo04.htm>
- VIDAL, E., Gilabert, R., Rouet, J. (2005). "El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias." Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa(36): 129-148.
- VISSER, J. (1999). "Learning together in an environment of shared resources: Challenges on the horizon of the year 2020." Education Consultado 4-5-2007, 2007, desde <http://www.unesco.org/education/educprog/lwf/dl/learning2020.pdf>.

VISSER, J. (2000). "The scientific mind in context." Consultado 4-5-2007, 2007, desde <http://www.learndev.org/dl/TSM-ConceptPaper.pdf>.

WANDERSEE, J. H., Mintzes, J. J. y Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. Handbook of Research on Science Teaching and Learning. D. L. Gabel. New York, MacMillan publishing Co: pp. 177-210.

WERSTCH, J. V. (1988). Los orígenes sociales de las funciones psicológicas superiores. Vygotsky y la formación social de la mente. C. Coll. Barcelona, Paidós: 75-92.

WESTBROOK, R. B. (1993). "Robert Dewey." Revista trimestral de educación comparada **XXIII**(1-2): 289-305.

Anexo A
Materiales

Artículos proporcionados a los alumnos

La moda alimenti

El bocado *light*

Agustín
López
Munguía

SIN DUDA, el avance del conocimiento ha tenido uno de sus mayores impactos en lo que comemos. En cada bocado hay una “carga” de ciencia y de tecnología; de nutrimentos; de cultura e historia; de globalización y, desde luego, de placer (claro, también puede tener una carga de bacterias, pero ese es otro asunto). Cada aspecto relacionado con lo que comemos es igualmente importante y debe ser sujeto de reflexión cada vez que nos encontremos a punto de elegir frente al menú o al refrigerador, o empujando el carrito en el supermercado. Y es que, desafortunadamente, no siempre damos a cada una de estas “cargas” el peso específico debido, y cada vez más, a que lo que sabemos sobre alimentos y nutrición (o lo que nos han hecho creer a través de la mercadotecnia) domina otros criterios igualmente importantes en la elección.

El origen del bocado

Hagamos un ejercicio en este espacio, imaginando a uno de los lectores de la revista sentado a la mesa de la cocina, preguntándose al observar el tenedor detenido justo a la mitad del trayecto entre el plato y su boca: ¿De dónde proviene todo ese material orgánico comestible que llamamos alimento?; ¿es fresco?; ¿alguna vez estuvo vivo y con ojos?; ¿es un producto agrícola, viene del mar, de un árbol, o de un hormiguero, como los escamoles?; ¿quizá lo produjo alguna empresa? (deja el tenedor en la mesa y toma un trago de refresco de cola); ¿o tal vez fue transpor-

tado y entregado fresco para su consumo directo? (desvía la mirada hacia los mangos que desprenden su aroma desde el frutero); ¿quizá fue transformado en alguna de tantas empresas alimentarias? (mira el pedazo de tortilla de maíz que le sirve para no empujar con los dedos); ¿o fue conservado mediante algún tratamiento? (deja el tenedor un momento y corta un pedazo de queso); ¿o simplemente se trata de una combinación de orígenes incluida la transformación casera? (un pedazo de filete de res, bañado en salsa verde, al que acaba de adicionar un poco de sal de mesa).

Es fácil concluir que en el plato del lector hay un poco de todo, y si bien existe en la actualidad una tendencia a consumir más productos frescos que procesados (“si es fresco es mejor”), todo tiene sus “asegures”. A veces el procesamiento es indispensable para mejorar la calidad nutricional de un alimento, como la nixtamalización del maíz o el cocimiento de los cereales, cuyo fin es conseguir una mejor digestibilidad de sus componentes. También hay muchas ventajas en procesar por ejemplo la leche, y así enviarla a zonas donde no hay vacas o sería imposible mantenerla fresca por más de 24 horas. Actualmente, en muchos casos el procesamiento es una garantía de seguridad alimentaria, basta con observar las tendencias en el consumo de agua. Por lo tanto, seleccionar alimentos frescos no está mal, pero tampoco deben desdeñarse

cia



las ventajas del procesamiento, que de ninguna manera es sinónimo de “no natural”.

Los antecedentes del bocado

El alimento atrapado en el tenedor, que no acaba de llegar a su destino, ha perdido ya un poco de calor. Pero antes de ingerirlo, no podemos dejar de lado una pregunta básica en el contexto cultural: ¿de dónde viene? Hay probabilidades de que se trate de un alimento de orígenes prehispánicos (un caldo de guajolote, aunque a algunos pavos que reniegan de su origen no les guste que les digan así); que sea producto de la conquista (lomo de cerdo con alubias) o de la fusión de culturas, que en lo que a alimentos se refiere se dio por cierto sin mucha violencia (tacos de carnitas, una tostada de pata o una torta de tamal). O tal vez el guiso no se remonta a decenas de siglos de cultura prehispánica, o a 507 años desde que nos “descubrieron”, sino sólo a unos cuantos de globalización (*hot dog* con Coca-Cola). Quizá la historia de cómo es que el alimento llegó hasta el tenedor requiera de armar un equipo multidisciplinario, pues para cada caso, además de la carga histórico-cultural, habría que analizar la educativa (o falta de ella), la de conveniencia (así le dicen ahora a la prisa), la necesidad, el compromiso, la dependencia económica (nuestra y del país) y, ciertamente también,

Light



la carga de hambre. Se requeriría de especialistas en conducta humana para explicar por ejemplo cómo es que la hamburguesa, el *hot dog* y la *pizza* han ganado terreno al taco, la torta y el tamal, o la Coca-Cola a las aguas de jamaica, horchata y tamarindo, con la consecuente globalización del más grave problema de salud pública que enfrentan los Estados Unidos: la obesidad.

La digestión del bocado

Una vez en nuestro mundo interior, lo que le pasa al alimento es visto por otro conjunto de disciplinas que estudian el cuerpo humano, su funcionamiento, sus necesidades de sustancias químicas, la forma en que éstas son asimiladas, y el impacto de lo que comemos en lo que somos. Dicen por ahí: “*dime qué comes y te diré quién eres*” (por eso dejé la carne de res). Sería imposible abordar en este espacio todo lo que esto implica, pero en cierta medida es el origen de que ahora se diga cada vez más: “Necesitas comer carbohidratos, proteínas,

vitaminas y minerales”, en vez de “Come cereales, pescado y fruta”.

La composición química de los alimentos y el eventual efecto de ciertas sustancias específicas en la salud se ha vuelto noticia cotidiana, lo que generalmente da la impresión de que todo este asunto responde a una simple relación de causa-efecto. Y si bien, como muchos otros avances científicos, el

conocimiento ha traído beneficios, también ha sido objeto de abuso y charlatanería, a veces por ignorancia, otras, aprovechándose de ella. En los años ochenta el sentir de la población era que había que consumir proteínas, muchas proteínas. Después vino el furor por la fibra. En México repercutió esta moda a pesar de que la dieta del mexicano —desde que Quetzalcóatl nos proporcionó el maíz— nunca ha sido deficitaria en fibra. Ahora, la situación es más compleja. Poco a poco la preocupación por *lo que no debemos comer* ha ido desplazando al interés por alimentarse correctamente, y en el centro de esta preocupación se halla el enemigo número uno de nuestros vecinos del norte: la grasa.

El bocado *light*

La principal preocupación actual en los Estados Unidos, el país de la abundancia, es justamente la abundancia, pero de grasa. Se vive una “grasofobia”. De acuerdo con un estudio del Food Marketing Institute, 70% de los estadounidenses dice consumir alimentos con bajo contenido en grasa, los denominados *light*, lo que resulta lógico si se considera que uno de cada tres está excedido de peso. Así, es probable que el observador del bocado en los Estados Unidos se esté preguntando: “¿Cuánta grasa tendrá esto?, ¿será *light*?”. Aunque al parecer el consumo de alimentos *light* ha empezado a menguar en aquel país, es posible que sea como resultado del fracaso de esta estrategia, pues de acuerdo con un análisis reciente publicado en la revista *Food Technology* “En los Estados Unidos se engorda a base de alimentos libres en grasa”. El asunto aquí es ¿cuántos mexicanos y mexicanas jóvenes se hacen la misma pregunta?, ¿qué tan nuestro es ese problema? Encontramos ya los supermercados bien surtidos de productos de bajo contenido de grasa, pero también hemos multiplicado el consumo de hamburguesas y helados, e introducido en los cines las cubetas de palomitas, en lugar de la moderada bolsita de antaño.

De acuerdo con la mencionada “grasofobia”, si el bocado en el tenedor fue frito en cualquier tipo de aceite, tiene problemas. No se diga si contiene mantequilla, algún tipo de aderezo o mayonesa (aunque sonría). En general la gente no

La obesidad

La obesidad es un problema de salud pública principalmente en países industrializados, pero que empieza a afectar a países como México, no obstante los millones de personas que viven en la pobreza y que, de acuerdo con el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 22% de la población infantil sufre desnutrición crónica por deficiencias en la dieta. Dentro de los factores de riesgo demográficos para la obesidad se ha señalado el país de residencia (de acuerdo con el número de agosto de 1996 de la revista *Scientific American*, 59% de los adultos en los Estados Unidos cae dentro de la definición clínica de obesidad), la región (en México hay mayor propensión a la obesidad en el norte y centro del país), el medio ambiente urbano, el grupo racial, el género (es dos veces más frecuente en mujeres que en hombres), el nivel socioeconómico y de educación. Dentro de los factores personales destacan los antecedentes familiares, el tabaquismo, el consumo de drogas, el embarazo y la menopausia en mujeres, la inactividad física y la dieta. Se han identificado mecanismos fisiológicos y varios genes relacionados con la obesidad, lo que ha permitido desarrollar un gran número de medicamentos para tratarla, muchos de ellos ciertamente controversiales. De acuerdo con datos del doctor Jorge González Barranco, Jefe de la Clínica de Obesidad del Instituto Nacional de la Nutrición, el problema de la obesidad avanza de forma alarmante en México, considerando la migración de zonas rurales a áreas urbanas y a los Estados Unidos como uno de los factores de mayor inducción. De acuerdo con datos de 15 estadísticas realizadas entre 1970 y 1997 en diversas zonas del país, la frecuencia de obesidad estaría alrededor del 35%. Por otro lado, en 1996 la revista *Salud Pública* dio a conocer los resultados de una encuesta nacional realizada con 15 811 mujeres y 6 987 menores de cinco años. Entre otros datos, destaca que 17% de las mujeres de 12 a 49 años de edad padece de sobrepeso, así como 4.7% de los menores. De las mujeres sin hijos, sólo 9.2% son obesas, mientras que en mujeres con cinco o más hijos la cifra alcanza 33%.

está bien informada, y aunque considera que en lo que se refiere a los aceites comestibles no es lo mismo el de oliva que el de palma, tampoco le es fácil explicar por qué, pues desconoce las diferencias entre grasas saturadas, mono y poliinsaturadas. En ese contexto, quizá parezca atractivo que el bocado sea una papa que haya sido frita en un sustituto de grasa que la FDA (Food & Drug Administration, organismo estadounidense encargado de la

regulación de medicinas y alimentos) aprobó en 1996.

Se trata de una sustancia químicamente parecida a la grasa natural (ácidos grasos unidos a la glicerina mediante enlaces éster), sólo que contiene sacarosa en vez de glicerina por lo que el sistema digestivo no la reconoce y pasa directo a las heces. Este producto, que se denomina Olestra y fue desarrollado por la empresa Procter & Gamble, tiene que ser saturado en vitaminas solubles en grasa, para que no se lleve las del cuerpo, puede generar calambres y, peor aún, cuando se consume en exceso llega a producir un flujo anal. Pero éste es un caso extremo (cero calorías); hay otras opciones menos drásticas: docenas de productos comerciales que se emplean en la formulación industrial de alimentos de bajo contenido calórico. En general, se trata de sustitutos a base de proteínas (Simplese) o almidón (Litesse). ¿Cómo, proteínas en lugar de grasa? Lo que sucede es que se da a las proteínas (de leche y huevo por ejemplo) un tratamiento de microencapsulación que les confiere una nueva textura y con ella la propiedad de provocar la sensación de que se está comiendo grasa. Pero al ser proteína, proporciona menos calorías. Incluso hay sustancias, como los glucanos que se obtienen de las levaduras, que directamente generan esta sensación. Prueba un poco de levadura (de pan o de cerveza) y la percibirás “grasosa”. Pero no hay tal, son los beta-glucanos de la pared de las células los que provocan esa sensación, ahora también explotada por la industria. Existen también sustitutos elaborados con fibra soluble (Oatrim) o con fibra obtenida de la cubierta de semillas a las que se da un tratamiento para que al combinarse con agua, formen un gel, fundamentalmente a base de celulosa (Z-Trim). El mercado de los alimentos *light* genera miles de millones de dólares en ventas de postres, dulces, aderezos, margarinas, pastas para untar, imitaciones de crema, etc., que aportan mucho menos de las nueve kilocalorías de un gramo de grasa. En otros casos, como el de los productos lácteos, lo más sencillo es extraer la grasa y así ofrecer leche o sus derivados,



parcial o casi totalmente desgrasados. En un futuro bastante cercano aparecerán en los mercados nuevas grasas obtenidas de las semillas de oleaginosas tradicionales, en las que se habrá empleado la ingeniería genética para cambiar sus propiedades nutricionales o fisicoquímicas. ¿Grasa como la del chocolate en la soya, o como la del coco en la colza? Se trata de la segunda generación de las llamadas plantas transgénicas (*¿Cómoves?*, no.7, mayo de 1999). De cualquier manera no se trata aquí de productos que directamente adquirimos en el mercado, sino de ingredientes y procesos con los cuales se elaboran los alimentos *light*, originalmente destinados a una población con un cuadro clínico determinado y, en el mejor de los casos, bajo supervisión médica. Pero en la medida en que estos hábitos van ganando terreno entre la sociedad, en particular entre los jóvenes en pleno desarrollo, se corren riesgos a nivel individual y colectivo. Todos hemos visto a individuos que combinan una Coca-Cola *light* ¡para no engordar! con diez tacos de buche y cinco de maciza. Otro riesgo que ya comentamos es el de adquirir un esquema de alimentación ajeno a nuestra cultura, esquema que por lo general tiende a sustituir, y no, como ha sido hasta ahora con otras influencias,



a complementar, adaptar y mejorar nuestra alimentación. En la medida en que mantenemos una dieta diversa y rica, lo cual no necesariamente implica prescindir de ningún tipo de alimento, nos aseguramos de que nuestras necesidades nutricionales estarán satisfechas. Por otro lado, el efecto de muchas de las nuevas sustancias en el mercado, consumidas de manera compulsiva y por sectores de la población que no las necesitan, es el de una bomba de tiempo en lo que se refiere a salud.

El bocado ideal

Pero como el observador del bocado que imaginamos es un joven moderno que se hace preguntas, quisiera poder definir cuál es el bocado ideal, qué debería contener y qué no. Está abrumado con tanta información. Pero a los que luchan “por una sociedad sin grasa”, habría que recordarles que tanto en la lucha como en el sueño requerimos de energía; que necesitamos vitaminas como la *A* y la *D* que ingerimos con la grasa, pues es ahí donde se disuelven; que hay ácidos grasos de suma importancia por sus funciones y efectos en el organismo (en particular los no saturados). Son necesarios, entre otras cosas, para el sistema inmunológico, la limpieza de la sangre, la reducción de riesgos de trombosis y de los índices de colesterol, y por su relación con el efecto de otros nutrimentos como la fibra en la prevención del cáncer. Finalmente, y de acuerdo con un artículo de la edición de marzo de este año del *American Journal of Clinical Nutrition*, los individuos que suspenden de golpe la ingestión de grasa sufren una redistribución de la que ya está en su organismo; aumentan los niveles de triglicéridos en la sangre y con ello los riesgos de enfermedades cardiovasculares. Entonces, ¿qué hacer? Simplemente preferir el bocado ideal: *un poco de esto, algo más de aquello, déjame probar de lo tuyo, pásame los frijolitos...*, recordando que “todo en exceso es malo, hasta la virtud”.

Esta historia tiene un final feliz: nuestro reflexivo lector se llevó al fin el bocado a la boca. ¿Qué lo convenció?, ¿nuestro discurso?, ¿el hecho de que la maestra de gimnasia, que se ve muy sana, dice que al menos una tercera parte de la energía que requerimos debe venir de la grasa? No, a

Sabor dulce bajo en calorías

Uno de los sectores que más se han visto afectados por el interés del consumidor en disminuir la ingesta de calorías es el azucarero. La aparición de edulcorantes alternativos con bajo contenido calórico cambió nuestra relación con el azúcar. Aunque la sacarina, producto de la síntesis química, se encuentra disponible desde el siglo pasado, el desarrollo del edulcorante aspartamo mediante un proceso biotecnológico moderno, permitió expandir este mercado de manera espectacular, al grado que hoy se emplea en todo el mundo para endulzar productos alimenticios, principalmente los refrescos “de dieta” y el café. Su éxito radica en que se elabora a partir de sustancias que existen naturalmente en las proteínas (el ácido aspártico y la fenil alanina, esta última metilada) y en ser 200 veces más dulce que la sacarosa, el azúcar de la caña (si usualmente se emplea una cucharada de azúcar para endulzar el café, se necesita una cucharita doscientas veces más chica de aspartamo). Otras sustancias recientemente desarrolladas para este sector incluyen a la sucralosa, que es un derivado clorado de la sacarosa, y el acesulfame, producto de síntesis química. Más sorprendente aún es el descubrimiento de que en diversas frutas existen proteínas muy dulces. ¿Qué tan dulces?, pues hasta 2 000 veces más que la sacarosa. Tal es el caso de la talina, encontrada en una fruta africana, la modelina y, más recientemente, la brazeína. Mediante técnicas biotecnológicas es posible producir estas proteínas usando microorganismos, por lo que no es aventurado pensar que pronto se podrá disponer de ellas en la industria alimentaria.

nuestro amigo lo convenció algo igualmente importante: la grasa también desempeña un papel fundamental en el sabor de los alimentos. Y no necesariamente porque tenga un sabor por sí misma, sino por el efecto que tiene en el sabor en su conjunto. Así que ahí lo tenemos, no sólo saciando el hambre, sino también disfrutando su bocado, percibiendo el aroma, el sabor y la textura; sonriendo mientras come. Casi se le puede oír decir: ¡qué sabroso está! 🐼

Agustín López Munguía es investigador en el Instituto de Biotecnología de la UNAM y miembro del Consejo Editorial de *¿Cómoves?*

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

El

Chile



de América para el mundo

Rosa María Catalá

Indispensables, sabrosos, picosos, mexicanísimos. La enorme variedad de chiles que ofrece nuestro territorio está presente en la dieta desde el desayuno hasta la cena, amenizando desde un simple taco hasta platillos elegantes y sofisticados. Chiles toreados, en vinagre, en escabeche, secos, molidos, en salsa... todos riquísimos pero, ¿qué los hace tan extraordinarios?

LOS CHILES SON el fruto de bulbos perennes que pertenecen al género *Capsicum*, desconocidos en Europa antes de 1492, cuando Cristóbal Colón realizó su épico viaje en busca de una ruta corta hacia las Indias. Al retorno de su primera travesía, el navegante llegó con muestras de condimentos picantes que se consumían en la costa este de La Española (hoy República Dominicana y Haití). También conocidas y apreciadas en otras regiones del continente que más tarde se llamaría América, las bondades del chile se dispersaron por Europa primero y luego por todo el globo al grado que hoy es el condimento más utilizado en el mundo y lo consume diariamente más de un cuarto de la población mundial. En los últimos años se ha visto que su importancia no radica sólo en su sabor y propiedades alimenticias; la ciencia y las artes están revalorando las propiedades tanto químicas como ornamentales de los chiles, y éstos ya se utilizan en el desarrollo de nuevos

medicamentos, como colorantes y como objetos o plantas de decoración.

¿Americanos o asiáticos?

Para los habitantes del viejo mundo el chile resultó una novedad a finales del siglo XV, pero su historia es mucho más antigua. Cuando los pobladores de origen asiático iniciaron su largo camino a través del Estrecho de Bering hasta alcanzar las regiones tropicales y subtropicales de la ahora América, encontraron y atesoraron las distintas plantas de chile, que para entonces ya estaban muy diseminadas por el continente. Las semillas se habían dispersado por diversos medios (principalmente llevadas por las aves) a partir de su punto de origen natural, en los bosques húmedos de la Amazonia y las zonas semiáridas de Brasil. Los restos de plantas y muestras de chiles encontrados en artefactos antiguos son evidencia arqueológica suficiente para afirmar que el cultivo de estas especies se remonta al año

5000 años antes de nuestra era. Para 1492, los nativos habían domesticado al menos cuatro especies, mismas que permanecen actualmente.

Los habitantes de las islas tropicales a las que llegó Colón habían llevado consigo algunas especies de tipo *Capsicum* en su migración desde tierras continentales americanas. También conocían la especie que actualmente se denomina “ají”, de origen sudamericano. A lo que hoy es el territorio mexicano llegó una especie que se adaptó perfectamente a las condiciones ambientales mesoamericanas de forma equivalente a como lo hicieron el maíz, el frijol y la calabaza. El nombre náhuatl para esta planta fue el de *chilli*, que significa “rojo”, y la conquista de México y más tarde la del Perú revelaron la enorme variedad de plantas de este tipo susceptibles de ser cultivadas. En Europa se empezaron a cultivar en los países mediterráneos y décadas más tarde alcanzaron las costas de África, Medio Oriente, los Balcanes, China e India. Curiosamente, no fueron los españoles los que diseminaron el chile por el resto del mundo, sino los portugueses, que lo sumaron a los productos de intercambio comercial en todos los puertos que recorrían.

La primera descripción que existe del chile proviene del herbolario alemán Leonhart Fuchs (1501-1566), quien describió e ilustró diferentes plantas de chi-

le, mismas que consideraba originarias de la India.

La nueva y picante especie fue rápidamente aceptada por los nativos de África e India, donde estaban muy acostumbrados a las comidas condimentadas con pimienta blanca (*Aframomum melegueta*), pimienta negra de la India (*Piper nigrum*) y el jengibre (*Zingiber officinale*). De hecho las plantas de chile resultaban muy fáciles de cultivar y sus semillas podían almacenarse por largos periodos. Durante los siglos XVI y XVII llegaron a Europa más plantas de chile desde Asia que desde América, motivo por el cual durante muchos años su origen fue incorrectamente asignado.

Fue hasta después de la diseminación portuguesa del chile que España adquirió un papel importante en el intercambio de las plantas y semillas con Asia. Esto se logró a través de la famosa “Nao de China”, también conocida como el galeón Manila-Acapulco, que representó el inicio de las relaciones comerciales directas entre América y Asia. En esta época China descubrió los chiles; para la cocina Szechuan y Hunan resultaron desde entones el condimento más preciado de todo su legado culinario.

Las distintas especies de *Capsicum* tuvieron sus idas y venidas por Europa, donde por cierto no fueron muy apreciadas como condimento hasta el bloqueo napoleónico del siglo XVIII, cuando, por falta de especies asiáticas, la páprika (chile que se cultiva en Hungría y los Balcanes) resultó un buen sustituto. Su mayor uso en el viejo continente era como planta de ornato.

Ya bien entrado el siglo XIX, se seguía pen-



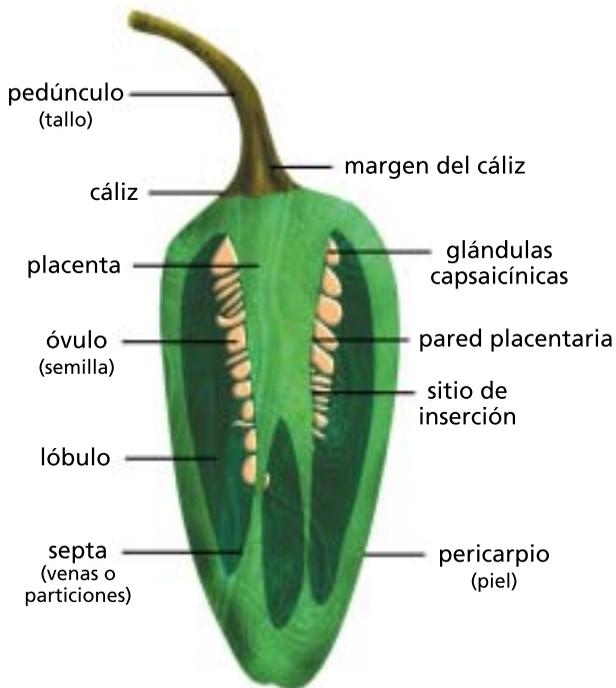
sando que algunas especies de chile eran de origen indoasiático, hasta que el botánico Alphonse de Candolle reunió evidencia botánica y lingüística suficiente para demostrar que la planta y la palabra “chile” eran americanas.

Pimientos versus chiles

Cuando Colón llegó a América, pensó que había llegado a las Indias y por lo tanto llamó “indios” a los nativos de las islas caribeñas. De forma equivalente llamó “pimientos” a los chiles, dado que uno de los tesoros que pensaba encontrar era la famosa pimienta asiática. Nunca adoptó la palabra *axí* (ají), que era la empleada por los indígenas, sin embargo en las Antillas y países del cono sur este vocablo se sigue utilizando para designar a las plantas de *Capsicum* locales. En España se sigue llamando “pimientos” a los frutos de origen americano; en México el vocablo chile sobrevive del *chilli* en náhuatl original y se utiliza particularmente para las especies picantes.

Resulta difícil determinar con exactitud cuándo se originó el género *Capsicum* debido a que todavía no se conoce completamente. Si el género se clasifica de acuerdo con la taxonomía “pungente”, esto es, por el grado de “picor” del chile, en-

Anatomía del chile





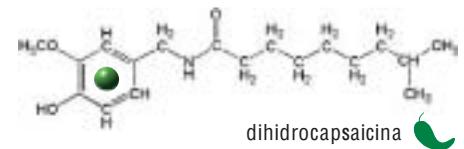
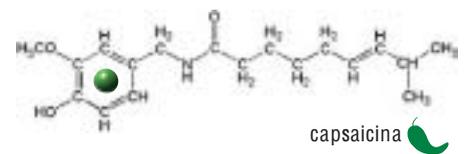
tonces el centro de diversidad se coloca en un área que va desde Bolivia hasta el suroeste de Brasil. Pero si el género incluye a las especies “dulces”, se encuentra un segundo punto de diversidad en el centro de Mesoamérica. Hay indicaciones inequívocas de que la especie *Capsicum annum* fue domesticada originalmente en Mesoamérica y que la *C. chinense* se cultivó en la zona tropical de la Amazonia. Las especies *C. pubescens* y *C. boccatum* parecen haber empezado su domesticación en las regiones andinas y centrales de Sudamérica.

Picosos y nutritivos

Los chiles tienen muchas propiedades nutricionales. Por peso contienen más vitamina A que cualquier otro vegetal, y también son una buena fuente de vitami-

na B. Crudos superan a los cítricos en contenido de vitamina C, aunque cuando se secan ésta disminuye drásticamente por oxidación. En contraste, la vitamina A se concentra en los chiles secos, dado que no se ve afectada por la acción del oxígeno. También contienen cantidades considerables de magnesio y hierro, y aunque los frutos de *Capsicum* no se consumen en grandes cantidades, la regularidad en su ingesta proporciona nutrimentos básicos a comunidades cuya dieta generalmente es pobre, como sucede en muchas regiones de México y Centroamérica, donde los principales alimentos son maíz, frijol y chile que la propia población cultiva.

Otro de los grandes atractivos del chile es su calidad de “pungente”. Un grupo único de alcaloides (compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno) conocidos como capsaicinoides o capsaicinas es responsable de la sensación de ardor que producen los chiles al morderlos, la cual se detecta directamente en los receptores del dolor de la boca y la garganta: cuando el chile “pica”, en realidad “duele”. Como dato curioso, los pájaros y otros animales como los caracoles y las ranas no tienen estos



Moléculas picantes.

receptores, por lo que nunca veremos a un gorrión o a una gallina “enchilados” por comer estos frutos.

Para picarte mejor

Se han identificado y aislado seis tipos naturales distintos de capsaicinas (existe también uno sintético). Entre ellos, destacan por su abundancia las moléculas de tipo *C* o capsaicina y la *DHC* o dihidrocapsaicina. La parte del fruto donde se concentran estas sustancias es principalmente la placenta, en la cual están unidas las semillas y las venas, pegadas en regiones de la pared interior del fruto. El contenido de capsaicinas depende de las condiciones de crecimiento de la planta y

Del piquín al habanero

El género *Capsicum* pertenece a la familia de las *Solanáceas*, misma que incluye plantas como la papa, el tomate, la berenjena, las petunias y el tabaco. Fue descrito por primera vez en 1700, pero esa descripción se ha vuelto obsoleta con los años. En este momento su taxonomía se encuentra en estado de transición, y se cree que finalmente la botánica acabará por adoptar a las especies “dulces” dentro de una misma clasificación. Actualmente, el género consiste de por lo menos 20 especies, muchas de las cuales son consumidas por humanos. En total son cinco las especies (pertenecientes a tres linajes distintos) de interés por su consumo masivo:

- ***Capsicum annum***
Los frutos tanto pungentes (picantes) como dulces de esta especie de origen mesoamericano dominan el mercado mundial. Ejemplos: ancho, de árbol, guajillo, jalapeño, serrano, piquín.
- ***Capsicum baccatum***
De fruto multicolor, se conoce como el ají andino, y hasta hace poco sólo se consumía en Sudamérica.
- ***Capsicum chinense***
Su fruto no seca y se pudre durante el almacenaje, por lo que no se difundió por el mundo como otras especies, sin embargo cada día es

más apreciado por su sabor, aroma e importantes propiedades médicas, farmacéuticas y en la industria de aditivos alimenticios, dado su alto contenido de capsaicina. El chile habanero es un ejemplo.

- ***Capsicum frutescens***
Sus frutos son siempre pungentes, el chile Tabasco es un representante de este género.
- ***Capsicum pubescens***
Es la especie más distintiva del género, con flores blancas y frutos muy delicados, se consume poco porque los frutos se descomponen rápidamente. Un ejemplo de este tipo de chile es el manzano.



Capsicum annum

Capsicum baccatum

Capsicum chinense

Capsicum frutescens

Capsicum pubescens

Soneto al chile verde

Cuando en la mata pendes incitante
asemejás un llanto esmeraldino
y causas el placer del campesino
a quien incita tu sabor picante.

Tu papel culinario es importante,
pues a los guisos das sabor divino
y al apurar el neutle blanquecino
eres un poderoso estimulante.

Sin tí no es nada un taco de aguacate
con chicharrón, con pápalo y charales
y hasta el caldo sin ti su gracia pierde.

Y una salsa de chile con tomate
no falta ni en las mesas principales,
¡Por eso yo te canto, chile verde!

Fernando P. Toroella, poeta veracruzano

la edad del fruto, que muestra un incremento considerable en la liberación del alcaloide después de los 11 días de crecimiento. Las capsaicinas disminuyen justo antes del punto de maduración, y si el fruto se seca a la luz directa del sol éstas pierden casi toda su actividad, por lo que normalmente los frutos se secan a la sombra.

Estas sustancias no son fáciles de detectar en los análisis químicos. No tienen color ni olor, pero una gota de una disolución de tan sólo 10 partes de compuesto por 1 000 000 de partes de disolución (10 ppm) causa un efecto de ardor persistente en la lengua humana.

La capsaicina pura es extremadamente irritante, tanto que los laboratorios en los que se trabaja con ella (en forma de polvo) tienen filtros especiales y los investigadores deben cubrir su cuerpo por completo. Lloyd Matheson, un químico que inhaló accidentalmente un poco de capsaicina, dijo sobre esa experiencia: “No es tóxica, pero si la inhalas desearías es-



tar muerto” (*The Chile Pepper Encyclopedia*, William Morrow, 1999). Precisamente sobre la toxicidad de las capsaicinas se han realizado varios estudios y no se ha encontrado que representen un riesgo para el ser humano cuando se consumen en los chiles como parte de la dieta en las cantidades usuales, e incluso en dosis diez veces más altas. En una investigación de C. L. Winkel, publicada en *Drug and Chemical Toxicology*, se concluye que para ingerir una sobredosis de estas sustancias y quedar inconsciente una persona tendría que tomarse casi dos litros de salsa Tabasco. No obstante, como con cualquier irritante, el abuso en el consumo de chile puede producir problemas gástricos o exacerbarlos.

Cabe destacar que a diferencia de la pimienta, que inhibe cualquier sabor y opaca por lo tanto a todos los otros condimentos presentes en la comida, las capsaicinas sólo inhiben la percepción de lo ácido y lo amargo. Esto nos lleva a la conclusión de que conviene tener un chilito cerca y darle un mordisco antes de tomar una medicina de sabor muy amargo o una cucharada de aceite de ricino.

Sabrosos y benéficos

Las capsaicinas activan el sistema inmunológico y el digestivo. Actúan como irritantes en las membranas orales y gastrointestinales, estimulando el flujo de saliva y jugo gástrico, y el apetito. Así, facilitan el paso de la comida por la boca y el esófago hasta llegar al estómago y ayudan a la digestión; se absorben muy poco y son eliminadas por el sistema digestivo. Estas sustancias también provocan

el sudor de cuello, cara y pecho, como un reflejo a la sensación de ardor en la boca. Cuando el ardor es muy grande y se necesita ayuda para eliminarlo, se recomienda tomar leche, misma que contiene caseína, una proteína capaz de romper la sección de la molécula de capsaicina responsable del picor.

Actualmente se estudia la acción terapéutica de estos compuestos, ya que se ha observado que son capaces de bloquear algunos neuropéptidos que envían mensajes de dolor al cerebro; los extractos de capsaicinas se están probando en pacientes con artritis reumatoide y dolores límbicos. Los expertos creen que puede

Fotos: Juan Antonio López

¿Cuál pica más?

En 1912 el farmacéutico Wilbur Scoville diseñó una escala para medir el grado de picor (pungencia) de los chiles, la cual refleja el contenido de capsaicinas. A más unidades Scoville, mayor es el picor. La capsaicina pura corresponde a 16 millones de estas unidades.

Unidades Scoville	Tipo de Chile
300 000-100 000	Habanero
100 000-50 000	Piquín
50 000-30 000	Tabasco
30 000-15 000	De árbol
15 000-5 000	Serrano
5 000-2 500	Jalapeño
2 500-1 500	Cascabel
1 500-1 000	Pasilla
0	Pimiento

resultar una alternativa no adictiva para aliviar estos y otros tipos de dolores, y con una gran especificidad, ya que no actúan sobre otros neuroreceptores como los del gusto o el olfato, sólo sobre los responsables del dolor.

Como hemos visto, los chiles y las capsaicinas que vienen con ellos son algo más que un sabroso ingrediente de la comida mexicana. En los próximos años seguramente se hablará más de las propiedades benéficas tanto a nivel alimenticio como terapéutico de estos frutos.

Rosa María Catalá es química, autora de varios artículos de divulgación de la ciencia, profesora de bachillerato en el Colegio Madrid y miembro del consejo editorial de *¿Cómo ves?*

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Cáncer, acrilamida y papas FRITAS

Agustín López Munguía

Esta extraña historia comienza en una excavación en Suecia, pasa por una alarma mundial y concluye en nuestra cocina.

HACE POCO más de un año, en abril de 2002, científicos de la Universidad de Estocolmo en Suecia alertaron sobre la posibilidad de que algunos alimentos comunes y corrientes como el pan, el arroz y las papas, y otros de los que son consumidos por prácticamente todo ser humano que come en este planeta, sin importar credo, raza o régimen alimenticio (incluidos aquellos que limitan su dieta a productos 100% naturales), podían ser cancerígenos.

La alarma se debió a la presencia en estos alimentos de acrilamida, un compuesto ampliamente usado en la industria química, pero que la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) clasifica como de mediano riesgo, neurotóxico y probablemente cancerígeno para humanos.

Pero como uno no se topa con la acrilamida en un alimento como se encuentran piedras en los frijoles, es necesario hacer un poco de historia para entender por qué fueron los suecos quienes advirtieron sobre la presencia de este compuesto en alimentos que hasta los ambientalistas consideran seguros.

Cuidado con las goteras

Todo da inicio en 1997 cuando una compañía sueca decidió construir un túnel de nueve kilómetros a través de una formación rocosa conocida como Hallandsås, que tuvo la ocurrencia de ponerse en medio de un importante proyecto ferroviario. Esta zona se ubica en el sur de Suecia en un área rural que sirve también de estación de deportes de invierno (o sea todo el año por allá), donde existen numerosas granjas y agua en abundancia. La constructora Skanska hacía explotar la roca y la extraía del túnel, lo que originaba fracturas por las que se filtraba el agua. Para evitarlo, los ingenieros decidieron aplicar un producto a base de acrilamida (*Rhoca-Gil*, elaborado por la empresa Rhone Poulenc). Sucede que las moléculas de acrilamida en presencia de ciertas sustancias que actúan como catalizadores, como puede ser la tetrametil etileno diamina, o mediante la luz ultravioleta, tienden a entrelazarse formando largas cadenas (polímeros) que gelifican, es decir, forman una especie de gelatina que cubre las fracturas y detienen el paso del agua. Sin embargo, las filtraciones continuaron a pesar del sello, con tal intensi-

dad que el agua empezó a escasear en la cima de la montaña. Para resolver el problema, los ingenieros suecos decidieron recolectar el agua que escurría en los túneles y bombearla de nuevo hacia la corriente que alimentaba las granjas en las alturas. Parecía una buena solución, sólo que no transcurrió mucho tiempo antes que las vacas y los peces murieran. Y lo que es peor, los trabajadores de los túneles empezaron a sufrir trastornos nerviosos como irritabilidad, pérdida de sueño o depresión. No tardaron mucho en identificar al culpable: la acrilamida.

Sucedió que la acrilamida que no se había solidificado adecuadamente, se filtraba con el agua que pasaba al túnel y después, al ser bombeada hacia las granjas, era consumida en muy altas dosis por los granjeros suecos y por sus animales. Les habían preparado un tóxico té de concentrado de acrilamida.

Mediante un proyecto con la Universidad de New Hampshire trataron el agua de la Hallandsås para eliminar la acrilamida y en noviembre pasado, después de casi cinco años de suspensión, se aprobó la continuación del proyecto ferroviario. Éste fue otorgado nuevamente a la compañía Skanska, aunque esta vez asociada con el grupo Vinci, que entre otras experiencias cuenta con la construcción del túnel del Canal de la Mancha, que hasta donde se sabe no tiene goteras.

De Suecia para el mundo

Pero, ¿cómo fue que este problema grave, pero finalmente local, puso a todo el mundo en alerta sobre el consumo de las

Contenido de acrilamida en algunos alimentos

(Datos exploratorios, no estadísticos)

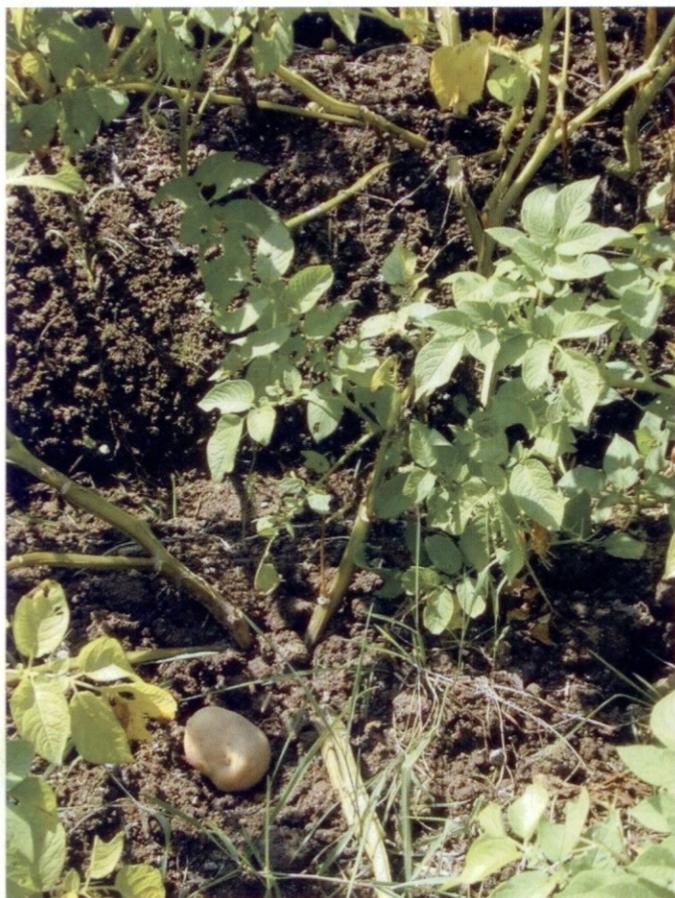
	Acrilamida (microgramos/kg)+
Albóndigas, pizza, pollo bien frito	30-60
Almendras ahumadas <i>Planters</i> *	339
Café	200-310
Cereales para el desayuno	30-2 300
<i>Cheerios</i> (General Mills)	266
Cocoa <i>Hershey's</i> *	909
<i>Corn Flakes</i> (Kelloggs)*	77
Galletas bajas en calorías	70-2 000
Gerber de papas orgánicas*	121
Hamburguesas	14-23
Mantequilla de cacahuete (5 marcas)*	94.2
Pan	13-150
Pan bien tostado	100-380
Papas fritas	85-3 897
Pescado, pollo, puerco	11-52
Tortillas*	10-13

+ Un microgramo (µg) en cada kilogramo equivale a una parte en 1 000 000 000.

Datos publicados en *Science News*, agosto de 2002.

* Datos publicados en: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html>

papas fritas? Pues sucedió que la investigadora Margareta Törnqvist y sus colegas de la Universidad de Estocolmo hicieron un seguimiento del estado de salud de los trabajadores intoxicados, buscando huellas del veneno, particularmente en la sangre. Fue así como encontraron en los glóbulos rojos fragmentos de acrilamida unidos a la hemoglobina, lo que era señal de que la acrilamida podría haberse combinado también con otras materias orgánicas, por ejemplo en las cadenas de ADN, causando un daño que derivara en cáncer. Según se ha demostrado en experimentos con animales, toda sustancia que modifica el material genético es decir, el ADN, puede llegar a ocasionar cambios que resulten en la generación de células cancerosas. Hasta aquí todo normal —bueno, al menos para los que no habían probado el agua de Hallandsås—. La sorpresa fue cuando se analizó la sangre de individuos que se usaron como control, es decir, personas que no bebieron agua de la zona y por lo



tanto su sangre debía estar libre de acrilamida: ¡no lo estaba! Si bien la cantidad de esta sustancia encontrada en los voluntarios ajenos a la región era mucho menor, los investigadores no salían de la sorpresa al constatar que también habían estado expuestos a la acrilamida. Eliminaron de este grupo a los fumadores, pues es sabido que la acrilamida también se forma cuando se quema el tabaco; pero ¡la encontraron entre no fumadores! Fue así como ampliaron la búsqueda a otros factores, de los cuales los alimentos fueron los primeros sospechosos. Dado que conocían el origen de la acrilamida al quemar el tabaco, buscaron en alimentos tratados o procesados a altas temperaturas y ¡eureka! Freír alimentos, en particular con alto contenido de proteínas —sospecharon en un principio— gene-

raba el tóxico, según dieron a conocer en abril del año pasado los científicos suecos de la Universidad de Estocolmo y de la *National Food Administration*, quienes publicaron posteriormente estos resultados en el número de agosto de 2002 del *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

De asombro en asombro

Pero más grande fue la sorpresa del grupo de Törnqvist cuando, no esperando encontrar mayores problemas en las papas, por su bajo contenido de proteína, detectaron hasta 200 µg (mi-

crogramos, es decir la millonésima parte de un gramo) de acrilamida en cada kilogramo de puré, hasta 660 µg/kg en las papas a la francesa y, lo más grave, 3 800 µg/kg en las papas fritas. Fue así como concluyeron que freír era lo que generaba la acrilamida. Pero les faltaba una sorpresa más: encontraron acrilamida en pan y galletas, alimentos que no se fríen, sino que se preparan o procesan a altas temperaturas. Los datos sobre el contenido de acrilamida en éstos y otros alimentos fueron confirmados primero por la Administración Sueca de Alimentos y posteriormente por grupos de científicos de prácticamente todo el orbe: la encontraron en el café (liofilizado o molido), en espinacas calentadas sin aceite, en

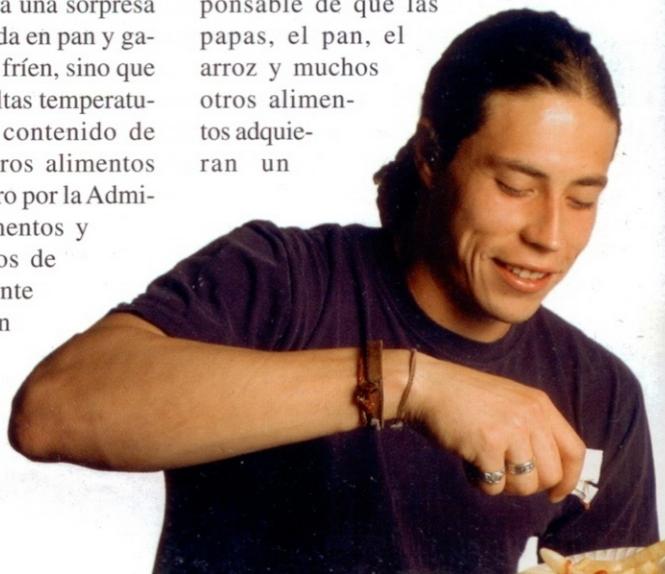
pan dulce, en cereales precocidos, en cacahuates de botana e incluso en la leche. Estamos en espera de los datos que arrojará el análisis de la cantidad de acrilamida en fritangas, chorizo, sopes, quesadillas, en tortillas, y otros tantos antojitos que vemos nadar en algo que parece aceite en los puestos instalados en cientos de esquinas de todas las ciudades del país.

¿Quién le puso acrilamida a mi comida?

Científicos en Inglaterra, Canadá, Suiza (de la compañía Nestlé) y de los Estados Unidos, trabajando de manera independiente llegaron todos a la misma conclusión: el culpable principal es la asparagina: ¿Una terrorista griega? No, se trata de uno de los 20 aminoácidos que conforman las proteínas, presentes en los alimentos, como lo reportó *¿Cómo ves?* en la sección de “Ráfagas”, en el número 49.

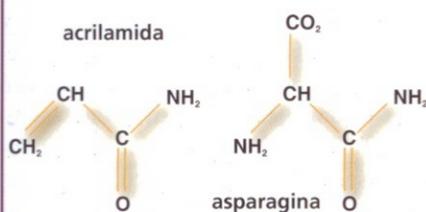
La asparagina es un aminoácido no esencial en la dieta, lo que quiere decir que nuestras células pueden producir la que necesitamos empleando los nutrientes de la dieta. Abunda en las proteínas vegetales y animales, y curiosamente los espárragos (*Asparagus officinalis*) toman su nombre de la asparagina, de la cual tienen una buena cantidad.

En general, cuando los azúcares reaccionan con las proteínas en presencia de calor se produce algo que los químicos llaman “reacción de Maillard”, que es responsable de que las papas, el pan, el arroz y muchos otros alimentos adquieran un



Producción de acrilamida: biotecnología amigable

La acrilamida es uno de esos productos que la sociedad moderna llama "de primera necesidad". En el mundo se producen cerca de 136 mil toneladas anualmente, más de la mitad de las cuales se destina, en forma de poli(acrilamida) (PAA), a la purificación de agua. El gel que forman las cadenas de poli(acrilamida) al agregarse al agua, atrapa las impurezas y retiene los sólidos, dejando el agua pura. La acrilamida no debe quedar libre, y en general, no se tolera más de 1 mg por litro de agua. La segunda apli-



cación es en el proceso de producción de papel, ya que se adiciona a la pulpa de celulosa para aumentar la resistencia del papel y su calidad para impresión.

En los pozos petroleros se inyecta gel de poli(acrilamida) para "empujar" y así extraer el petróleo que aún queda, pero que no sale ya de manera natural con la presión del pozo. Los gels de poli(acrilamida) son también la herramienta más importante de quienes trabajan con genes y proteínas, pues constituyen la forma más rápida y eficiente para separarlos y purificarlos.

color "dorado" al freírse, además de producir aroma y sabor. Lo que encontraron los científicos fue que cuando la reacción de Maillard se da entre la asparagina y el azúcar (glucosa), una segunda reacción espontánea da lugar a la acrilamida. El hecho de que entre los más de 150 alimentos que ha analizado la FDA (Administración para los Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos), se hayan encontrado algunos —como las papas— que contienen sustancialmente más acrilamida que otros, es simplemente debido a que contienen más asparagina libre y más azúcares, y a que se calientan por arriba de los 120 C.

Papas a la francesa

A finales de junio de 2002, un par de meses después del anuncio sueco, un panel de expertos en cáncer y en nutrición se reunió en Ginebra, en los cuarteles de la Organización Mundial de la Salud, y para tranquilidad de todos concluyó: "Es muy pronto para decir si los niveles de acrilamida que se han encontrado en las dietas en occidente pueden causar cáncer". Bueno, una declaración así a oídos de esta sociedad hipocondríaca y desconfiada por naturaleza equivale a haber declarado: "Estamos seguros de que desde que la raza humana empezó a cocinar sus alimentos, marcó el inicio de su destrucción". Como sea, yo creo que lo que nos distingue de los animales, ya no es la racionalidad, sino más bien el hecho de que nosotros sí cocinamos nuestros alimentos. Para los optimistas, el coordinador de la reunión, Jorgen Schlundt (léase "Slunt" o como se pueda) también concluye que la acrilamida es tan tóxica como las aminas heterocíclicas, sustancias químicas que se forman al cocinar la carne a altas temperaturas, cuando los aminoácidos y la creatina (una sustancia química que se encuentra en los músculos) reaccionan. Se ha demostrado que las aminas heterocíclicas presentan el riesgo de producir cáncer en seres humanos.

Según expertos, el aumento en el consumo de carne y la disminución en el de cereales es uno de los cambios en la dieta de los japoneses durante las últimas décadas que explica el aumento de cáncer de colon, casi inexistente en el lejano oriente cuando su dieta era básicamente vegetariana. Pero en esta avalancha de noticias no hay piedad para el consumidor: días después de la reunión de Ginebra, el toxicólogo Michael Pariza de la Universidad de Wisconsin declaró que, dependiendo del corte y de la forma de cocinarla, en la carne asada se encuentra desde 10 hasta 1 000 veces más acrilamida que aminas heterocíclicas. Pero Schlundt nos tranquilizó: en promedio debemos es-



tar ingiriendo unos 70 μg diarios de acrilamida, unas 100 veces menos de lo que se necesita para alterar los nervios de un ratón. Como en general noto a los ratones más tranquilos que yo, en un ataque de pánico injustificado me dije: si dejé el cigarro, ¿por qué no dejar también las papas?

Pasada la histeria inicial, llegué a la conclusión de que esto no era necesario. La primera razón es que no puedo comerme sólo una; la segunda es que con los 100 g que contiene una bolsa mediana de papas fritas (que alcanza para medio tiempo de un partido de fútbol), consumo 120 mg de acrilamida (véase recuadro). La misma dosis de las antes llamadas papas "a la francesa" y ahora papas "libertad", algo así como una porción grande de las de McDonald's, aportaría a mi dieta unos 45 mg de acrilamida: aun suponiendo que consumiera papas a diario (lo que sólo sucede durante la Copa del Mundo), tendría acrilamida suficiente como para vivir ni más ni menos que la gente de mi generación. La única razón válida que encontré para dejar las papas fue la económico-nutricional, y es que el kilo de papas en el mercado cuesta \$11.50; pero el



kilo de las papitas fritas sube a \$72 (una bolsa de 100 g cuesta \$7.20) y lo que es el gran negocio, el kilo de “papas libertad” en McDonald’s, calculado a partir de la porción pequeña, cuesta \$143 (la bolsita de 70 g cuesta \$10). Al dejar de comer “papas libertad”, independientemente de quedar libres de acrilamida, dejamos de consumir “calorías vacías” (dícese de los productos que no nutren y sólo aportan energía), sal, y algunos otros componentes peligrosos; además, nos ahorraremos unos buenos pesos. De acuerdo con Greg Crister en su libro *Fat Land (Gordilandia, que no Grasilandia)*, la porción de papas en McDonald’s aportaba 200 cal en 1960 y ha venido incrementándose tanto el tamaño de las dosis como el contenido de aceite hasta llegar a las 610 cal en la actualidad. Es uno de los principales productos que han contribuido a la libertad de los estadounidenses para engordar. Afortunado renombre.

Después de la tempestad

Como era de esperarse y de acuerdo con el periódico *Los Angeles Times* del 3 de

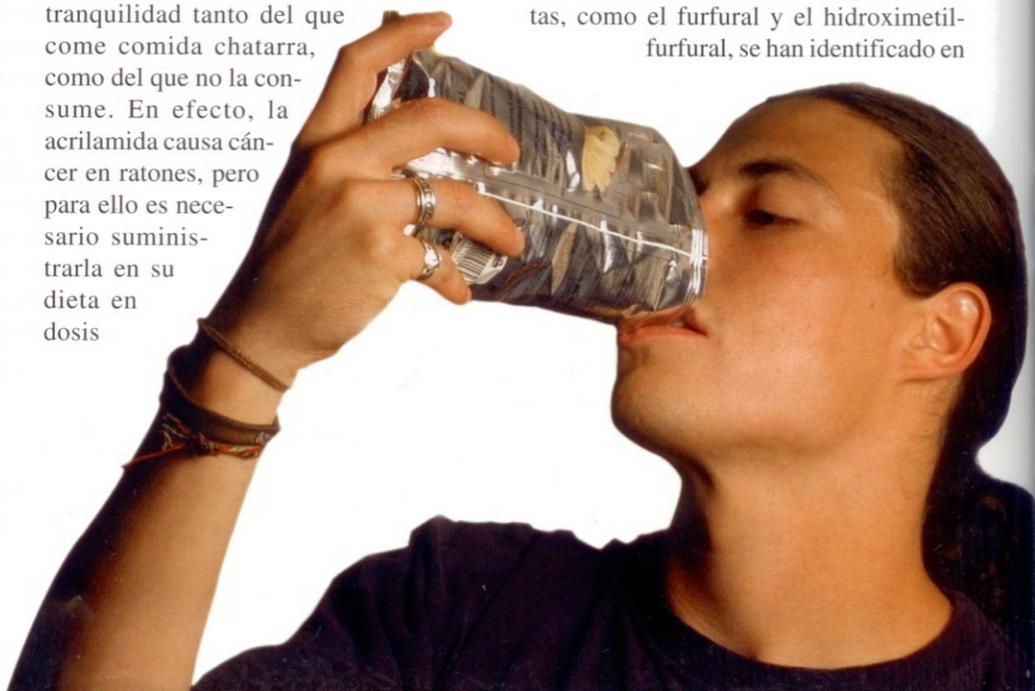
julio de 2002, dos grupos ambientalistas en California exigieron a los restaurantes de comida rápida y a los productores de comida chatarra agregar una leyenda a sus productos, advirtiendo sobre los riesgos de desarrollar cáncer por comer estos alimentos. En los 14 meses que han transcurrido desde el anuncio sueco la cantidad de información generada es abrumadora, por lo que trataré de resumir para tranquilidad tanto del que come comida chatarra, como del que no la consume. En efecto, la acrilamida causa cáncer en ratones, pero para ello es necesario suministrarla en su dieta en dosis

astronómicas, equivalentes a que un ser humano consumiera varios gramos al día durante su existencia.

Esto además, no necesariamente implica que también cause cáncer en humanos, en particular a las dosis a las que estamos expuestos. No se ha demostrado que la acrilamida produzca cáncer en ninguna otra especie, además de las de roedores. Por otro lado, mientras que a las ratas se les suministra la acrilamida en agua, nosotros la consumimos con el alimento en el que se genera y donde una parte pudiera estar combinada de tal manera con el alimento que no se asimilara y pasara a las heces. Parece también que el mecanismo de generación de tumores en ratas es hormonal, caso en el cual se requiere de una dosis determinada para poder disparar el efecto tóxico, lo que no sucede cuando se consumen dosis más bajas.

Un estudio realizado entre 1925 y 1994, con cerca de 8 854 trabajadores que han estado expuestos a la acrilamida en las plantas donde se produce este compuesto, no reporta ninguna diferencia en el riesgo de estos trabajadores para contraer alguna enfermedad de manera específica y el de quienes no nos dedicamos a tales menesteres.

Por último, no hay que olvidar que otros compuestos cancerígenos para las ratas, como el furfural y el hidroximetilfurfural, se han identificado en



¿Cómo se fabrica la acrilamida?

Hasta hace poco, el proceso de producción de acrilamida para usos industriales era muy contaminante: la materia prima es acrilonitrilo, a su vez obtenido del propileno que se produce a partir de las fracciones ligeras del petróleo, no obstante que en pequeñas cantidades también se encuentra en los depósitos de gas natural. La reacción se lleva a cabo a 100°C y se requiere de un catalizador de cobre, que es caro y difícil de recuperar. Se generan muchos subproductos como el ácido acrílico y lo que es peor, se contamina el ambiente pues se produce también ácido cianhídrico, un gas de muy alta toxicidad. En 1985 se inició en Japón un proceso biológico en el que se emplean las células de bacterias modificadas genéticamente (*Rhodococcus rhodochrous*). Estas bacterias transforman directamente el acrilonitrilo en acrilamida en medio acuoso, en condiciones suaves de reacción y con alta especificidad, lo que evita la formación de subproductos.

diversos alimentos. Estos compuestos se producen cuando algunos alimentos que contienen azúcar, particularmente si se encuentran en un medio ácido, se cocinan a altas temperaturas y se han detectado en los cereales para el desayuno, en el pan y en las papas.

En el café hay 19 compuestos que pueden producir cáncer en ratones (20 con la acrilamida), y no obstante nadie ha demostrado que el café cause cáncer en humanos. En las salchichas, el jamón, el tocino y otras carnes hay otros compuestos cancerígenos llamados nitrosaminas, derivados de la reacción química entre los conservadores (nitros y nitritos que se adicionan para mantener el color rojo y evitar el crecimiento de bacterias tóxicas como



la causante del botulismo) y los compuestos nitrogenados (aminas) presentes naturalmente en las carnes.

Sería muy corta la lista de alimentos en los que no exista algún agente cancerígeno para alguna especie animal. Por ejemplo, algo tan inocente como una lechuga, tiene 530 000 mg de ácido cafeico por kilogramo; calculando la dosis a la que causa cáncer en ratones y suponiendo que fuera la misma en humanos, habría el doble de riesgo al comer lechuga que la misma dosis de papas fritas. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, si una persona consume 1 mg de acrilamida por kilo de peso por día durante toda la vida (es decir yo, con mis 70 kg de peso, consumiendo 70 mg al día, por los 70 años que tengo programado vivir de acuerdo con las estadísticas en mi colonia, donde casi no hay asaltos), tiene un riesgo de 0.07 a 0.45% de que la responsable de su muerte sea la acrilamida.



Absolutamente nadie en su sano juicio alimentario ha recomendado cambiar de hábitos por este descubrimiento. La recomendación es la misma que contra el cáncer, el estrés, el envejecimiento prematuro o los divertículos: tener una dieta balanceada, rica en fibra y baja en grasas saturadas de origen animal, incluyendo diariamente frutas y vegetales, sin tener necesariamente que acompañar todo eso con leche. No se recomienda cambiar la forma de cocinar los alimentos, pues la

cocción trae como beneficio la destrucción de bichos, más frecuentes y peligrosos que la acrilamida; es mayor riesgo dejar de comer los alimentos que tienen acrilamida (sin incluir las papas fritas). Eso sí, procura que no se te quemen los frijoles, ni dejes la carne mucho tiempo en la sartén. Si fumas, me extraña que hayas leído hasta aquí, pues el cáncer no debe ser una de tus preocupaciones. En fin, si la acrilamida te tiene verdaderamente preocupado, hierva tus alimentos en vez de freírlos, el riesgo entonces es hacerse adepto a la cocina y al humor ingleses. ➤

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Agustín López Mungía es investigador en el Instituto de Biotecnología de la UNAM, autor de varios libros y múltiples artículos de divulgación de la ciencia y miembro del Consejo Editorial de ¿Cómo ves?

Anexo B

Cuestionario de conocimientos de Química

Unidad II; alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida

UNAM

Colegio de ciencias y humanidades plantel Vallejo

Cuestionario de conocimientos de química II

Segunda unidad

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida

Elaborado por:

I.Q.I. César Robles Haro

Marzo de 2007

SEGUNDA VERSIÓN

Cuestionario de química II

Segunda unidad: Alimentos proveedores de sustancias esenciales para la vida

Presentación

Este cuestionario tiene como propósito indagar el conocimiento que tienen los alumnos del CCH de algunos temas del curso de química II.

Los resultados que obtenga no serán usados con fines de evaluación, por lo que lo invitamos a que conteste con el mejor de sus esfuerzos las preguntas que se incluyen en el.

El material que se le entrega consta de un **Cuestionario** y una **Hoja de respuestas**

Por favor, no maltrate ni escriba sobre este cuestionario, pues lo seguiremos empleando con otros compañeros. Gracias por su valiosa cooperación.

1. ¿Cuáles son los elementos químicos que en mayor proporción constituyen los alimentos?

- a) C, N, H, O
- b) Li, Na, H, C
- c) C, H, Ca, Au
- d) K, Na, Mg, N

2. En una dieta equilibrada se requiere de una fuente natural de ácidos grasos insaturados los cuales provienen de:

- a) Las mantecas y ceras animales
- b) Las ceras vegetales y animales
- c) Los aceites vegetales
- d) Los aceites hidrogenados

3. ¿Cuál de los siguientes grupos alimenticios presenta un alto porcentaje en contenido proteico?

- a) Tortillas y huevos
- b) Legumbres y leche
- c) Nueces y semillas
- d) Carnes y pescado

4. Son sustancias orgánicas que en pequeñas cantidades son necesarias para mantener un estado normal de salud:

- a) Carbohidratos
- b) Vitaminas
- c) Proteínas
- d) Lípidos

5. Comer verduras ayuda a mantenernos en el peso ideal porque:

- a) La fibra que contienen no se digiere
- b) Tienen pocos azúcares
- c) No aportan nutrientes
- d) Ayudan a digerir las grasas

6. Una compañía avisa en su etiqueta que 250 g de papas fritas contienen 5 g de cloruro de sodio, en el caso de que las coma un paciente que no debe consumir más de medio gramo de sodio de las papas, ¿cuántas porciones puede comer?, considere que el peso de la porción es de 25 gramos. Masa atómica del sodio: 23 u.m.a. Masa atómica del cloro: 35.5 u.m.a.

- a) 5 porciones
- b) 2 porciones
- c) 2.5 porciones
- d) 0.4 porción

7. Por su aporte de los alimentos (grasas, proteínas, carbohidratos, y minerales) estos se pueden considerar como:

- a) Un elemento
- b) Un compuesto
- c) Una mezcla heterogénea
- d) Una mezcla homogénea

8. Seleccione la respuesta en la que los nutrimentos sean orgánicos

- a) Agua y grasas
- b) Minerales y proteínas
- c) Vitaminas y minerales
- d) Carbohidratos y proteínas

9. Selecciona que opción cumple con la recomendación de una dieta saludable basada en la pirámide alimenticia

a)



b)



c)



d)



10. Es el enlace que se forma entre dos moléculas de monosacáridos con eliminación de agua:

- a) Puente de Hidrógeno
- b) Enlace Glucosídico
- c) Enlace Peptídico
- d) Enlace éster

11. A un diabético se hace un análisis de sangre para determinar los:

- a) Carbohidratos
- b) Alcoholes
- c) Aldehídos
- d) Lípidos

12. Durante la respiración se lleva a cabo la combustión de los alimentos entre los que está la glucosa. ¿Cuál de Las siguientes ecuaciones representa **correctamente** esta reacción química?

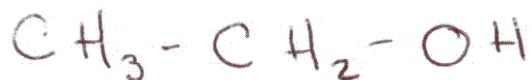
- a) $C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow C_6H_{12} + 4O_2 + \text{Energía}$
- b) $C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Energía}$
- c) $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Energía}$
- d) $C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 6 CO_2 + H_2O + \text{Energía}$

13. ¿Cuál de los siguientes carbohidratos es un monosacárido?

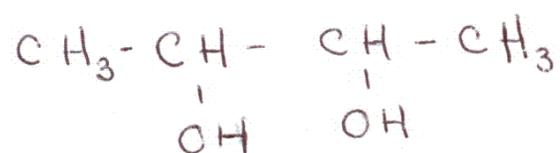
- a) Sacarosa
- b) Glucosa
- c) Dextrosa
- e) Almidón

14. Durante la actividad física intensa en periodos cortos de tiempo los azúcares se oxidan dando lugar a ácidos como el láctico que es el que produce el dolor que se siente al día siguiente de hacer ejercicio la estructura que representa al ácido láctico es:

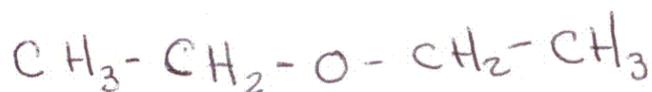
a)



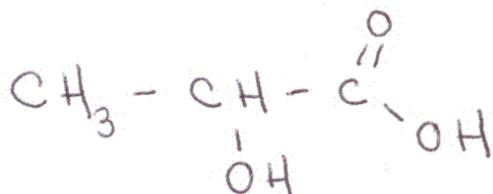
b)



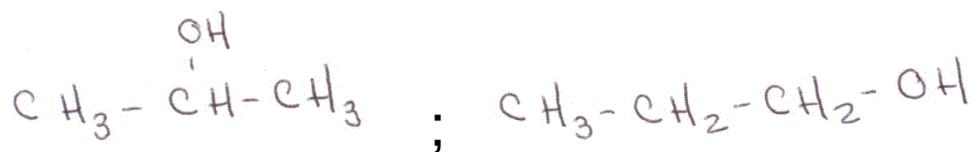
c)



d)



15. Las siguientes estructuras:

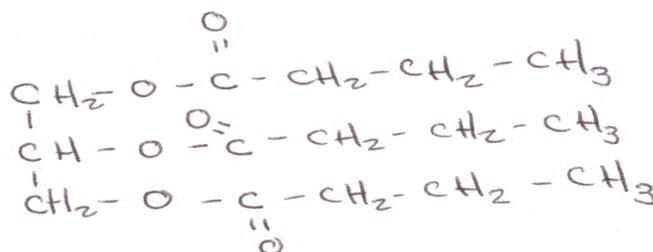


- a) Representan cetonas
- b) Representan isómeros estructurales
- c) Representan isómeros funcionales
- d) Representan aldehídos

16. El etanol tiene un punto de ebullición de 78.5 °C y su masa molecular es de 46 u.m.a., mientras el propano tiene un punto de ebullición de 42.1 °C y su masa molecular es de 44 u.m.a; aunque las masas moleculares de ambos compuestos son casi iguales la diferencia en el punto de ebullición es muy grande. Esta diferencia en puntos de ebullición puede deberse a que:

- a) Las interacciones atractivas son mayores en propano
- b) las moléculas del etanol son no polares
- c) las moléculas del propano son polares
- d) En el etanol se presentan enlaces por puente de hidrógeno

17. En la siguiente fórmula del compuesto se tienen tres grupos funcionales del tipo:



- a) Éter
- b) Ester
- c) Amina
- d) Ácido

18. ¿Cuáles son los elementos constituyentes de lípidos y carbohidratos?

- a) C, H, P
- b) C, S, Cl
- c) C, N, O
- d) C, H, O

19. ¿Cuál de los siguientes materiales es más probable que contenga ácidos grasos insaturados?

- a) Sebo
- b) Manteca
- c) Margarina
- d) Mantequilla

20. Las grasas animales como la mantequilla manteca de cerdo y en el sebo de la carne contienen:

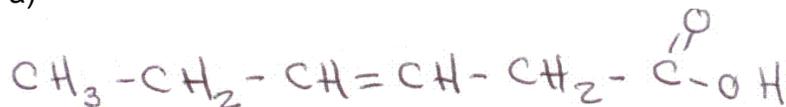
- a) Ácidos grasos saturados
- b) Lecitina
- c) Glucosa
- d) Ácidos grasos insaturados

21. Cuando las grasas se tratan con una base como la sosa (NaOH) en caliente se produce una reacción química conocida como saponificación; los productos de la reacción son:

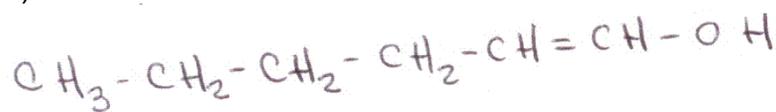
- a) Una base y un ácido
- b) Un alcohol y un ácido
- c) Un alcohol y una sal
- d) Una sal y un ácido

22. La grasa presente en una bolsa de papas fritas contiene ácidos grasos mono insaturados, ácidos grasos saturados y colesterol, la estructura que mejor representa un ácido graso mono insaturado es:

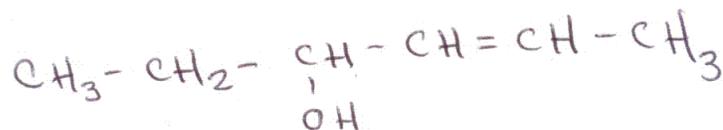
a)



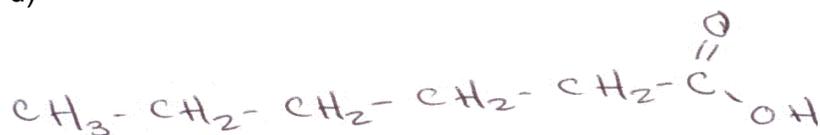
b)



c)

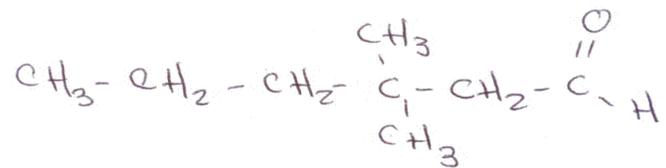


d)

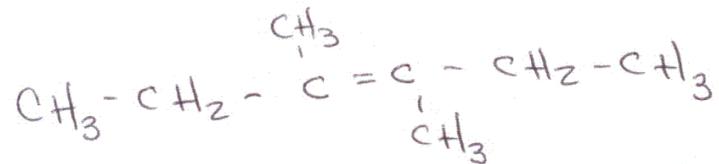


23. En últimas fechas hay bastante interés en que se indique el contenido de ácidos grasos -trans- que tenga un alimento, pues se cree que son precursores de ateromas (placas de grasa en las arterias), y se ha encontrado que los ácidos grasos -cis- son mejor aprovechados por el organismo. ¿Cuál de las siguientes estructuras representa a un compuesto -trans-?

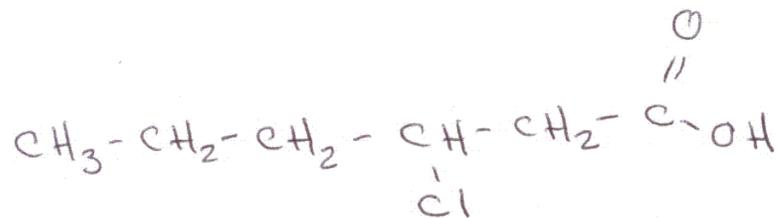
a)



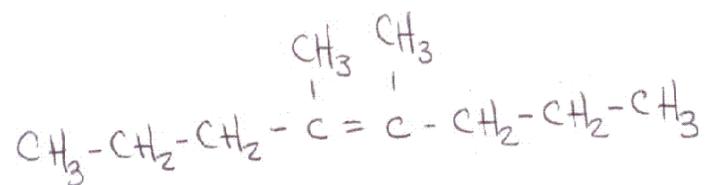
b)



c)



d)



24. La mantequilla animal ha sido substituida por la margarina que se obtiene al hacer reaccionar aceites vegetales insaturados con Hidrógeno. La reacción que ocurre es del tipo de:

- a) Saponificación
- b) Adición
- c) Condensación
- d) Hidrólisis

25. Entre los nutrimentos inorgánicos esenciales para la salud del ser humano están los

- a) Glicéridos
- b) Harinas
- c) Minerales
- d) Proteínas

26. La sal común (NaCl) con la que condimentamos los alimentos, aporta algunos iones al disociarse. Ésta característica es propia de los compuestos con enlace de tipo:

- a) Iónico
- b) Covalente polar
- c) Covalente no polar
- d) Covalente coordinado

27. Se le encuentra como ión formando los huesos y los dientes y es necesario para la coagulación de la sangre.

- a) N^{-3}
- b) K^{+}
- c) Mg^{+2}
- d) Ca^{+2}

28. Compuestos que se utilizan para curar las carnes como el jamón y las salchichas:

- a) NaCl, KCN
- b) KCl, $Fe(NO_3)_2$
- c) $NaNO_3$, $NaNO_2$
- d) KNO_2 , NaCl

29. De los siguientes compuestos, ¿cuál corresponde a un mineral?

- a) H_2O
- b) NH_3
- c) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- d) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$

30. El agua permite la disolución de muchos de los compuestos que forman los alimentos lo que se explica por que su molécula tiene un enlace:

- a) Iónico
- b) Covalente no polar
- c) Covalente coordinado
- d) Covalente polar

31. Una forma en que en las fondas “arreglan” los frijoles cuando se “acedan” es agregándoles bicarbonato de sodio, que también es un componente de la “sal de uvas” la fórmula de éste compuesto es:

- a) NaHCO_3
- b) CH_3COONa
- c) Na_2CO_3
- d) Na_2CO_2

32. Componente esencial de la hemoglobina presente en los glóbulos rojos y de las enzimas respiratorias, su carencia causa anemia.

- a) Yodo
- b) Calcio
- c) Hierro
- d) Fósforo

33. ¿Cuál de los siguientes nutrientes aporta nitrógeno para satisfacer los requerimientos de la dieta humana?

- a) Grasas
- b) Proteínas
- c) Lípidos
- d) Carbohidratos

34. La fórmula de un aminoácido se caracteriza por tener los grupos funcionales:

- a) -NH_2 y -COOH
- b) -COOH y -COO-R-
- c) -OH y -NH_2
- d) -COOH y -OH

35. De los siguientes grupos funcionales cuál caracteriza a las aminas

- a) R-CHO
- b) $\text{R-CH}_2\text{-NH}_2$
- c) R-COOH
- d) $\text{R-CH}_2\text{-OH}$

36. Sirven como biocatalizadores para las múltiples reacciones químicas que se desarrollan en los organismos vivos.

- a) Hormonas
- b) Anticuerpos
- c) Enzimas
- d) Esteroides

37. Son sustancias orgánicas que permiten la formación de tejidos y enzimas entre otras cosas

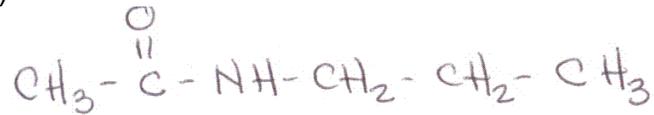
- a) Carbohidratos
- b) Vitaminas
- c) Oligoelementos
- d) Proteínas

38. Cuando las proteínas se enrollan y doblan para formar una proteína globular se dice que la proteína tiene una estructura

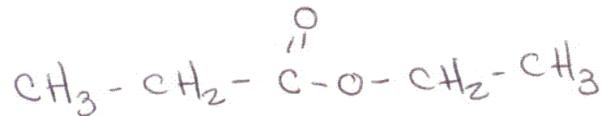
- a) Primaria
- b) Secundaria
- c) Terciaria
- d) Cuaternaria

39. La unión de los aminoácidos origina enlaces como en las amidas (enlace peptídico) en una secuencia específica da lugar a compuestos llamados proteínas, ¿cuál de las siguientes representaciones ejemplifica mejor este tipo de unión?

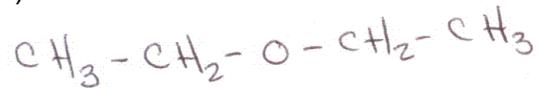
a)



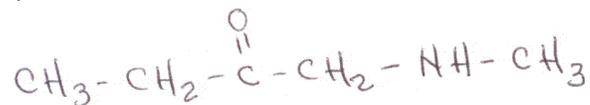
b)



c)

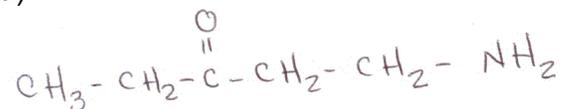


d)

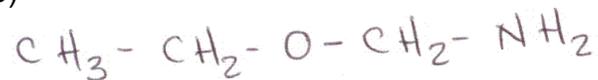


40. ¿Cuál estructura es un ejemplo de un aminoácido?

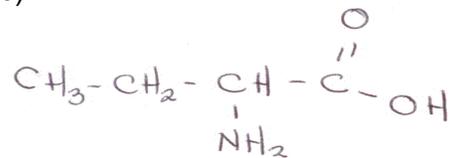
a)



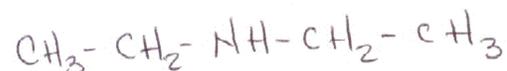
b)



c)



d)



UNAM
 Colegio de ciencias y humanidades plantel Vallejo
 Cuestionario de conocimientos de química II
 Segunda unidad
CLAVE

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida

Nombre: _____ Grupo: _____

Instrucciones:

Marque el círculo que mejor identifique su respuesta, en caso de equivocarse borre totalmente y llene el círculo que identifique su respuesta.

Pregunta	Respuestas				Pregunta	Respuestas			
	a	b	c	d		a	b	c	d
1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	26	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	27	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	28	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	29	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	30	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	31	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	32	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	33	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
9	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	34	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	35	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
11	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	36	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
12	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	37	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
13	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	38	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
14	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	39	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
15	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	40	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
16	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	41	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	42	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	43	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	44	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	45	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	46	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	47	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	48	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	49	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anexo C

Cuestionario de naturaleza de la ciencia

**CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTO DE LA CIENCIA Y LA INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA**

VERSION EN ESPAÑOL DEL INSTRUMENTO:

“STUDENT UNDERSTANDING OF SCIENCE AND SCIENTIFIC INQUIRY (SUSSI)”

ELABORADO POR:

**Ling L. Liang, Sufen Chen, Xian Chen, Osman Nafiz Kaya, April Dean Adams & Monica
Macklin, Jazlin Ebenezer
2006**

Traducción por:

I.Q.I. César Robles Haro

México 2007

Cuestionario de conocimiento de la ciencia y la investigación científica

Lea atentamente cada uno de los siguientes enunciados, e indique su opinión acerca de cada uno de ellos encerrando las letras que reflejen mejor su opinión de acuerdo con la siguiente escala.

(TD= Totalmente en desacuerdo; D = Desacuerdo; N= No sé; A = Acuerdo; TA = Totalmente de acuerdo).

Ejemplo:

X. Los resultados de una investigación científica son siempre veraces

TD N A TA

Al encerrar la letra D indica que está en desacuerdo con el enunciado presentado.

1. Observaciones e Inferencias

A. Las observaciones de los científicos del mismo fenómeno **pueden ser diferentes** porque su conocimiento puede afectar sus observaciones

TD D N A TA

B. Las observaciones de los científicos **deben ser las mismas** acerca de un mismo fenómeno **porque los científicos son objetivos**

TD D N A TA

C. Las observaciones de los científicos acerca de un mismo fenómeno **deben ser las mismas porque las observaciones son hechos**

TD D N A TA

D. Los científicos **pueden hacer diferentes interpretaciones** basadas en las mismas observaciones

TD D N A TA

Explique con algunos ejemplos por qué piensa que las observaciones y las interpretaciones de los científicos son iguales **O** diferentes entre sí

2. Cambios en las teorías científicas

A. Las teorías científicas **están sujetas a pruebas continuas** y a revisión

TD D N A TA

B. Las teorías científicas **pueden ser reemplazadas totalmente** por otras en función de la nueva evidencia

TD D N A TA

C. Las teorías científicas **pueden cambiar** por que los científicos reinterpretan observaciones existentes

TD D N A TA

D. Las teorías científicas basadas en experimentos cuidadosamente ejecutados **no cambian**

TD D N A TA

Explique con algunos ejemplos por qué piensa que las teorías científicas **cambian o permanecen inalterables** en el transcurso del tiempo

3. Leyes científicas y teorías

- A. Las teorías científicas **existen en realidad** y son descubiertas a través de la investigación científica TD D N A TA
- B. A diferencia de las teorías, las leyes científicas **no cambian** TD D N A TA
- C. Las leyes científicas **son** teorías probadas. TD D N A TA
- D. Las teorías científicas **explican** leyes científicas TD D N A TA

Explique con algunos ejemplos la diferencia entre las teorías y las leyes científicas

4. Influencia social y cultural sobre la ciencia

- A. La investigación social **no es influenciada** por la sociedad y la cultura puesto que los científicos están entrenados para efectuar estudios “puros” e imparciales TD D N A TA
- B. Los valores culturales y las expectativas determinan **que ciencia** se hace y se acepta TD D N A TA
- C. Los valores culturales y las expectativas determinan **como se hace** y se acepta la ciencia. TD D N A TA
- D. En todas las culturas **la ciencia se hace de la misma forma** puesto que la ciencia es universal e independiente de la sociedad y la cultura. TD D N A TA

Explique con algunos ejemplos como afectan **O NO** afectan la sociedad y la cultura a la investigación científica.

5. Imaginación y creatividad en las investigaciones científicas

A. Los científicos usan su imaginación y creatividad **cuando recogen** datos.

TD D N A TA

B. Los científicos usan su imaginación y creatividad **cuando analizan e interpretan** datos.

TD D N A TA

C. Los científicos **no** usan su imaginación y creatividad porque estarían en conflicto con su razonamiento lógico.

TD D N A TA

D. Los científicos **no** usan su imaginación y creatividad porque interfieren con la objetividad.

TD D N A TA

Explique con algunos ejemplos porque los científicos usan **O NO** usan su imaginación y creatividad.

6. Metodología de la investigación científica

A. Los científicos usan una variedad de métodos para obtener resultados productivos.

TD D N A TA

B. Los científicos siguen el mismo método paso a paso.

TD D N A TA

C. Cuando los científicos usan el método científico correctamente sus resultados son verdaderos y exactos.

TD D N A TA

D. Los experimentos no son el único medio utilizado en el desarrollo del conocimiento científico.

TD D N A TA

Explique con algunos ejemplos si los científicos siguen un solo método científico universal o usan diferentes métodos

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN ☺

Diagrama Heurístico versión _____

PENSAR

- 3) Modelos (representaciones)
- 2) Lenguaje
- 1) Aplicaciones

PREGUNTA

HACER

- 3) Análisis de datos
- 2) Procesamiento de datos
- 1) Recolección de datos

RESPUESTA

HECHOS

Referencias

Registro de aprendizaje del Diagrama Heurístico:

Puntos	Características
	<u>Hechos</u>
0	No hay hechos
1	Se identifican hechos
2	Se identifican hechos y algunos conceptos
3	Se identifican hechos, algunos conceptos y algunos aspectos metodológicos
	<u>Pregunta</u>
0	No hay pregunta
1	Hay una pregunta basada en los hechos
2	Hay una pregunta basada en los hechos y que incluye conceptos
3	Hay una pregunta basada en los hechos, que incluye conceptos y que sugiere aspectos metodológicos
	<u>Pensar</u>
0	No hay conceptos
1	Se identifican las aplicaciones
2	Se identifican las aplicaciones y el lenguaje
3	Se identifican las aplicaciones, el lenguaje y el o los modelos
	<u>Hacer</u>
0	No hay metodología
1	Hay recolección de datos
2	Los datos son procesados, ya sea a través de tablas y/o gráficas
3	Con los datos procesados se obtiene un resultado
	<u>Conclusión y/o respuesta</u>
0	No hay conclusión
1	La conclusión es muy semejante al resultado de la parte metodológica
2	La conclusión incorpora además del resultado de la parte metodológica, los hechos
3	La conclusión incorpora además del resultado de la parte metodológica los hechos y los conceptos
	Suma total

UNAM
CCH Vallejo

Mapa conceptual de química II

Nombre: _____ Grupo: _____

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida

Instrucciones

De su lista de asociación de palabras escoja 5 de ellas y elabore un mapa conceptual que contenga además los conceptos: alimento, carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales.

Dispone de 15 minutos para hacerlo.

EVALUACION DE MAPAS CONCEPTUALES

A) Evaluación cualitativa

Registro de aprendizaje cualitativo para evaluar mapas conceptuales

CARACTERISTICAS	SI	NO
1 Los conceptos van de lo general a lo particular		
2 Cada concepto representa una sola idea		
3 Los conceptos no se repiten		
4 Los conceptos están colocados claramente en diferentes niveles jerárquicos		
5 Los conceptos están colocados en forma ramificada		
6 Los conceptos se diferencian de los ejemplos		
7 Los conceptos se distinguen de los conectores		
8 Los conceptos están conectados adecuadamente a través de conectores (palabras apropiadas como verbos, adverbios, etc)		
9 Hay conectores adecuados entre diferentes ramas		
10 Los conceptos están conectados con conectores que permiten construir una clara idea		

EVALUACION DE MAPAS CONCEPTUALES

B) Evaluación semi cuantitativa

CRITERIO	Número	Pobre	Regular	Bueno	Excelente
		1	2	3	4
Número de conceptos (y/o ejemplos)					
Jerarquía de los conceptos					
Número de conectores					
Validez de los conectores					
Ramificaciones conectadas					

CONDICIONES PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EXCELENCIA
Número de conceptos: los suficientes para desarrollar adecuadamente el mapa conceptual con la presencia de ejemplos apropiados
Jerarquía de los conceptos: de general a particular (ejemplos)
Número de conectores: los que relacionen todos los conceptos
Validez de los conectores: que todos sean lógicamente correctos
Ramificaciones conectadas: la mayor cantidad posible de conectores correctos entre las diversas ramas del mapa

Nombre: José Angel Herrera Crespo Grupo: 236.

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Alimentos	<u>Comida</u>	Alimentos	<u>salud.</u>
Alimentos	<u>Alimentación</u>	Alimentos	<u>mantener</u>
Alimentos	<u>pescado</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>carne</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>leche</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>proteínas</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>cereales</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>frutas</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>verduras</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>leguminosas</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>grasas</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>carbohidratos</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>azúcares</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>lípidos</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>lactosa</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>proteínas</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>vitaminas</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>energía</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>enfermedades</u>	Alimentos	
Alimentos	<u>obesidad</u>	Alimentos	
Grasas	<u>enfermedades</u>	Grasas	
Grasas	<u>• carbohidratos</u>	Grasas	
Grasas	<u>carne</u>	Grasas	
Grasas	<u>obesidad</u>	Grasas	
Grasas	<u>sobrepeso</u>	Grasas	
Grasas	<u>lípidos</u>	Grasas	
Grasas	<u>energía</u>	Grasas	
Grasas	<u>acumulamiento</u>	Grasas	
Grasas	<u>grasura</u>	Grasas	
Grasas	<u>animales</u>	Grasas	
Grasas	<u>vegetales</u>	Grasas	
Grasas	<u>comida</u>	Grasas	
Grasas	<u>comida chatarra</u>	Grasas	
Grasas	<u>nutrición</u>	Grasas	
Grasas	<u>gorditas</u>	Grasas	
Grasas	<u>quesadillas</u>	Grasas	
Grasas	<u>papas</u>	Grasas	
Grasas	<u>papas fritas</u>	Grasas	
Grasas	<u>mantequilla</u>	Grasas	
Grasas	<u>mantequilla</u>	Grasas	

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
ASOCIACION DE PALABRAS

Nombre: José Angel Herrera Crespo Grupo: 236

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Carbohidratos o grasas
 Carbohidratos o lípidos
 Carbohidratos energía
 Carbohidratos acumulación
 Carbohidratos alimentos
 Carbohidratos organismo
 Carbohidratos comida
 Carbohidratos comida chatarra
 Carbohidratos contenido
 Carbohidratos obesidad
 Carbohidratos enfermedades
 Carbohidratos papas
 Carbohidratos frituras
 Carbohidratos alimentación
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____

Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____
 Carbohidratos _____

Minerales organismo
 Minerales energía
 Minerales alimentos
 Minerales alimentación
 Minerales frutas
 Minerales verduras
 Minerales comida
 Minerales carne
 Minerales energéticos
 Minerales necesario
 Minerales sales
 Minerales _____
 Minerales _____

Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____
 Minerales _____

Nombre: José Angel Herrera Crespo Grupo: 236

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Proteínas	<u>carne</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>leche</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>organismo</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>alimentos</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>alimentación</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>grasas</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>lacteos</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>energía</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>salud</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>conservamiento</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>seres vivos</u>	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____

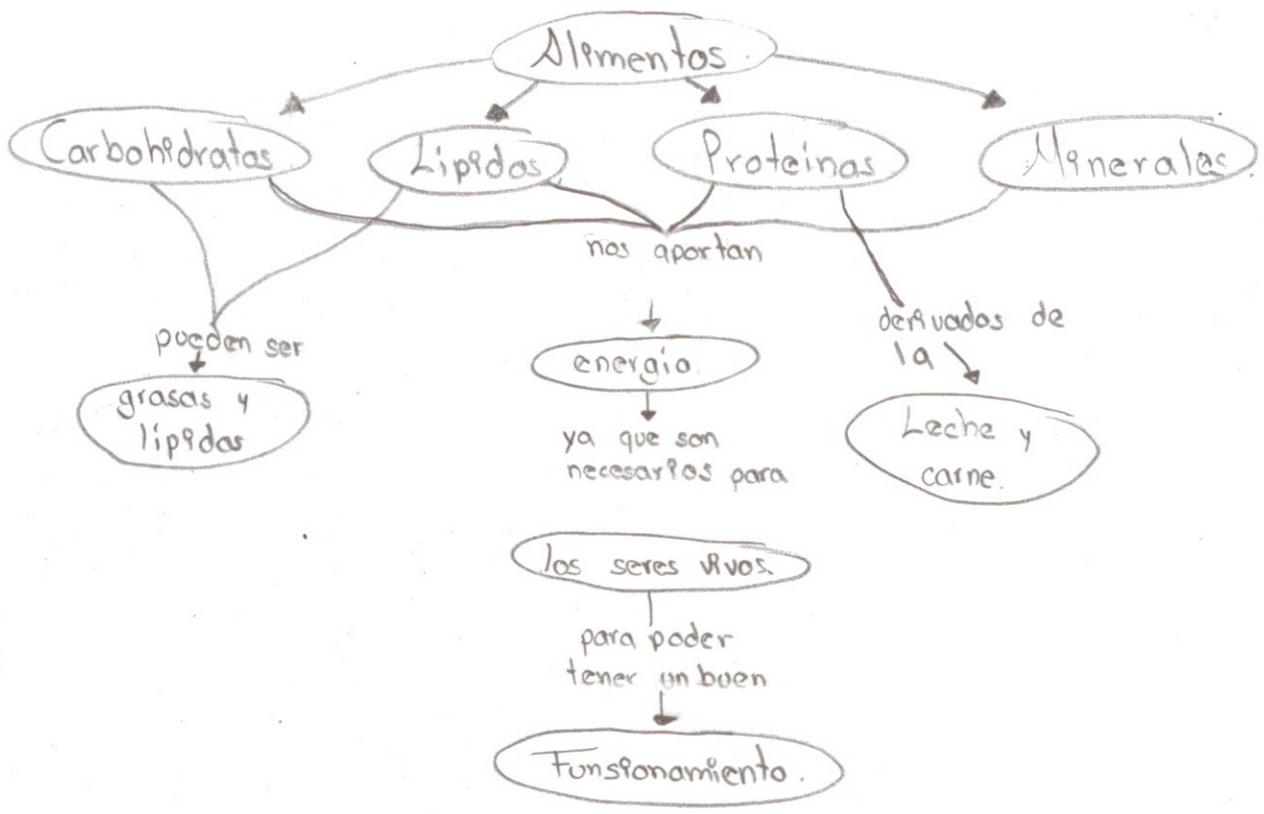
Mapa conceptual de química II

Nombre: José Ángel Herrera Crespo Grupo: 236

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
Instrucciones

De su lista de asociación de palabras escoja 5 de ellas y elabore un mapa conceptual que contenga además los conceptos: alimento, carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales.

Dispone de 15 minutos para hacerlo.



Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
ASOCIACION DE PALABRAS

Nombre: Leon Alonso Celene Grupo: _____

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Alimentos	<u>Comida</u> P	Alimentos	<u>glucosa</u> C
Alimentos	<u>Nutriente</u> E	Alimentos	<u>movimiento</u> P
Alimentos	<u>macronutriente</u> E	Alimentos	<u>actividad física</u> P
Alimentos	<u>micronutriente</u> E	Alimentos	<u>enfermedades</u> P
Alimentos	<u>lipidos</u> E	Alimentos	<u>Dieta balanceada</u> P
Alimentos	<u>Vitaminas</u> E	Alimentos	<u>Fruitas</u> P
Alimentos	<u>Carbohidratos</u> E	Alimentos	<u>Verduras</u> P
Alimentos	<u>Proteinas</u> E	Alimentos	<u>Gelatina</u> P
Alimentos	<u>Minerales</u> E	Alimentos	<u>Carnes</u> P
Alimentos	<u>estructura</u> E	Alimentos	<u>Acidos grasos</u> C
Alimentos	<u>Funcion</u> P	Alimentos	<u>en la ces</u> C
Alimentos	<u>Organismo</u> P	Alimentos	<u>covalentes</u> A
Alimentos	<u>energía</u> P	Alimentos	<u>Digestion</u> P
Alimentos	<u>Nutricion</u> P	Alimentos	
Alimentos	<u>Cadenas</u> A	Alimentos	
Alimentos	<u>Organicas</u> A	Alimentos	
Alimentos	<u>Grupos funcionales</u> E	Alimentos	
Alimentos	<u>Cereales</u> P	Alimentos	
Alimentos	<u>Desnutricion</u> P	Alimentos	
Alimentos	<u>Azucares</u> A	Alimentos	
Grasas	<u>lipidos</u> E	Grasas	<u>macronutriente</u> E
Grasas	<u>esteres</u> E	Grasas	<u>liposolubles</u> A
Grasas	<u>Sabor</u> N	Grasas	<u>hidrosolubles</u> A
Grasas	<u>alimento</u> P	Grasas	<u>glicerol</u> E
Grasas	<u>Saturados</u> E	Grasas	
Grasas	<u>Polinsaturados</u> E	Grasas	
Grasas	<u>acidos grasos</u> E	Grasas	
Grasas	<u>triglicéridos</u> E	Grasas	
Grasas	<u>Saponificación</u> P	Grasas	
Grasas	<u>en la ces</u> E	Grasas	
Grasas	<u>Organicas</u> A	Grasas	
Grasas	<u>Compuesto</u> A	Grasas	
Grasas	<u>Jabon</u> P	Grasas	
Grasas	<u>Animales</u> P	Grasas	
Grasas	<u>Aceites</u> P	Grasas	
Grasas	<u>Energía</u> P	Grasas	
Grasas	<u>tejido adiposo</u> P	Grasas	
Grasas	<u>glucogeno</u> E	Grasas	
Grasas	<u>sebo</u> P	Grasas	
Grasas	<u>matequilla</u> P	Grasas	

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
ASOCIACION DE PALABRAS

Nombre: León Alonso Celene Noemi Grupo: 236

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Carbohidratos	<u>Alimento P</u>	Carbohidratos	<u>glucogeno e</u>
Carbohidratos	<u>Monosacarido e</u>	Carbohidratos	<u>Cetonas e</u>
Carbohidratos	<u>Polisacarido e</u>	Carbohidratos	<u>alcoholes e</u>
Carbohidratos	<u>Disacarido e</u>	Carbohidratos	<u>Grupo funcional e</u>
Carbohidratos	<u>Glucocidos e</u>	Carbohidratos	<u>estructura e</u>
Carbohidratos	<u>Azucares P</u>	Carbohidratos	<u>pan P</u>
Carbohidratos	<u>Aldehidos e</u>	Carbohidratos	<u>huevo P</u>
Carbohidratos	<u>glucosa e</u>	Carbohidratos	<u>arroz P</u>
Carbohidratos	<u>Sacarosa P</u>	Carbohidratos	<u>Organicos A</u>
Carbohidratos	<u>Fructuosa P</u>	Carbohidratos	<u>celulosa P</u>
Carbohidratos	<u>Galactosa P</u>	Carbohidratos	<u>Polimeros C</u>
Carbohidratos	<u>maltosa P</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>organicos A</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>enlaces glucidos e</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>Energia P</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>macronutrientes e</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>movimiento P</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>Cerebro P</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>Calorias P</u>	Carbohidratos	
Carbohidratos	<u>obesidad P</u>	Carbohidratos	

Minerales	<u>Micronutrientes C</u>	Minerales	
Minerales	<u>Funcion Reguladora P</u>	Minerales	
Minerales	<u>Salas e</u>	Minerales	
Minerales	<u>calcio e</u>	Minerales	
Minerales	<u>Hierro e</u>	Minerales	
Minerales	<u>enzimas P</u>	Minerales	
Minerales	<u>Huesos P</u>	Minerales	
Minerales	<u>enfermedades P</u>	Minerales	
Minerales	<u>enlaces ionicos e</u>	Minerales	
Minerales	<u>elementos C</u>	Minerales	
Minerales	<u>Dientes P</u>	Minerales	
Minerales	<u>Estructura Osea P</u>	Minerales	
Minerales		Minerales	

Nombre: Jedn Alonso Celene Naomi Grupo: 236

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Proteínas	<u>enlaces peptidos</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>aminas</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>amidas</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>acido Carboxilico</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>aminoacidos</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>polimeros</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Mactronutriente</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Nutricion</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Desnutricion</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Carnes</u> P	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Huevo</u> P	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Reconstruccion</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>tejido</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Energia</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>heteropropidos</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Nitrogeno</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>carbano</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Oxigeno</u> e	Proteínas	_____
Proteínas	<u>terciarias</u> A	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____

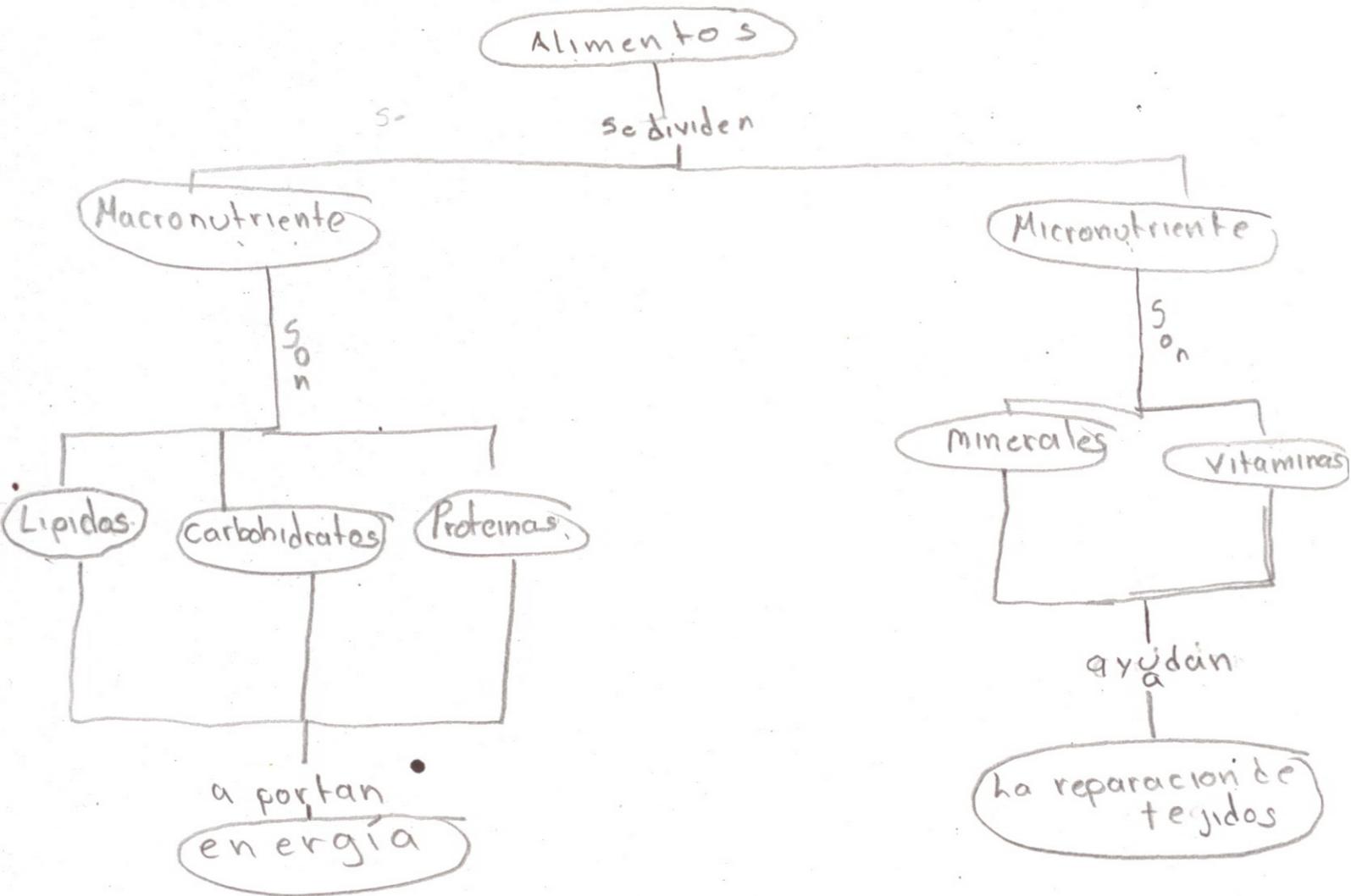
Mapa conceptual de química II

Nombre: León Alonso Celene Noemi Grupo: 236

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
Instrucciones

De su lista de asociación de palabras escoja 5 de ellas y elabore un mapa conceptual que contenga además los conceptos: alimento, carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales.

Dispone de 15 minutos para hacerlo.



Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida

ASOCIACION DE PALABRAS

Nombre: Ramírez Juárez Pablo Iván

Grupo: 236-A

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Alimentos	<u>Frutas</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Verduras</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Frijoles</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Arroz</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Cereales</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Grasas</u>	<u>C</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Proteínas</u>	<u>C</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Tortillas</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Pan</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Minerales</u>	<u>C</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Agua</u>	<u>C</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Sopa</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Carnes</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Calorías</u>	<u>C</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Chile</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>Gorditas</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	<u>quesadillas</u>	<u>P</u>	Alimentos	_____
Alimentos	_____	_____	Alimentos	_____
Alimentos	_____	_____	Alimentos	_____
Alimentos	_____	_____	Alimentos	_____

Grasas	<u>Quesadillas</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Gorditas</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Sopes</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Tamales</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Tortas</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Tacos</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Chetos</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Doritos</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Sabritas</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Tortilla</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Caldo</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Birria</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Consomé</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Huachos</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Vegetales</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>obesidad</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>sangre</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>pozole</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	<u>Animales</u>	<u>P</u>	Grasas	_____
Grasas	_____	_____	Grasas	_____

Nombre: Romírez Juárez Pablo Iván Grupo: 236-A

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Carbohidratos	<u>Alimentos</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Arroz</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Cereales</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Frijoles</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Tortilla</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Pescado</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Huevos</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Pastas</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Agua</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Refresco</u>	<u>P</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____

Minerales	<u>Alimentos</u>	<u>P</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Cereal</u>	<u>P</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Sal</u>	<u>P</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Azúcar</u>	<u>P</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Bicarbonato</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Sodio</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Plata</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Oro</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Mercurio</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Hierro</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Fosforo</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Oxigeno</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Hydrogen</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Metales</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Na, Metales</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>All Brand</u>	<u>P</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>Calcio</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____

Nombre: Bamirez Juarez Pablo Ivain Grupo: 236-A

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Proteínas	<u>Alimento</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Tortillo</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Pesado</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Carnes</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Sopa</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>leguminosas</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Pastas</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Cereales</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Arroz</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Pan</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Frutas</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Vegetales</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Huevo</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Frijoles</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>patates</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>Aguacates</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>leche</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	<u>jugo</u>	<u>P</u>	Proteínas	_____
Proteínas	_____	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	_____	Proteínas	_____

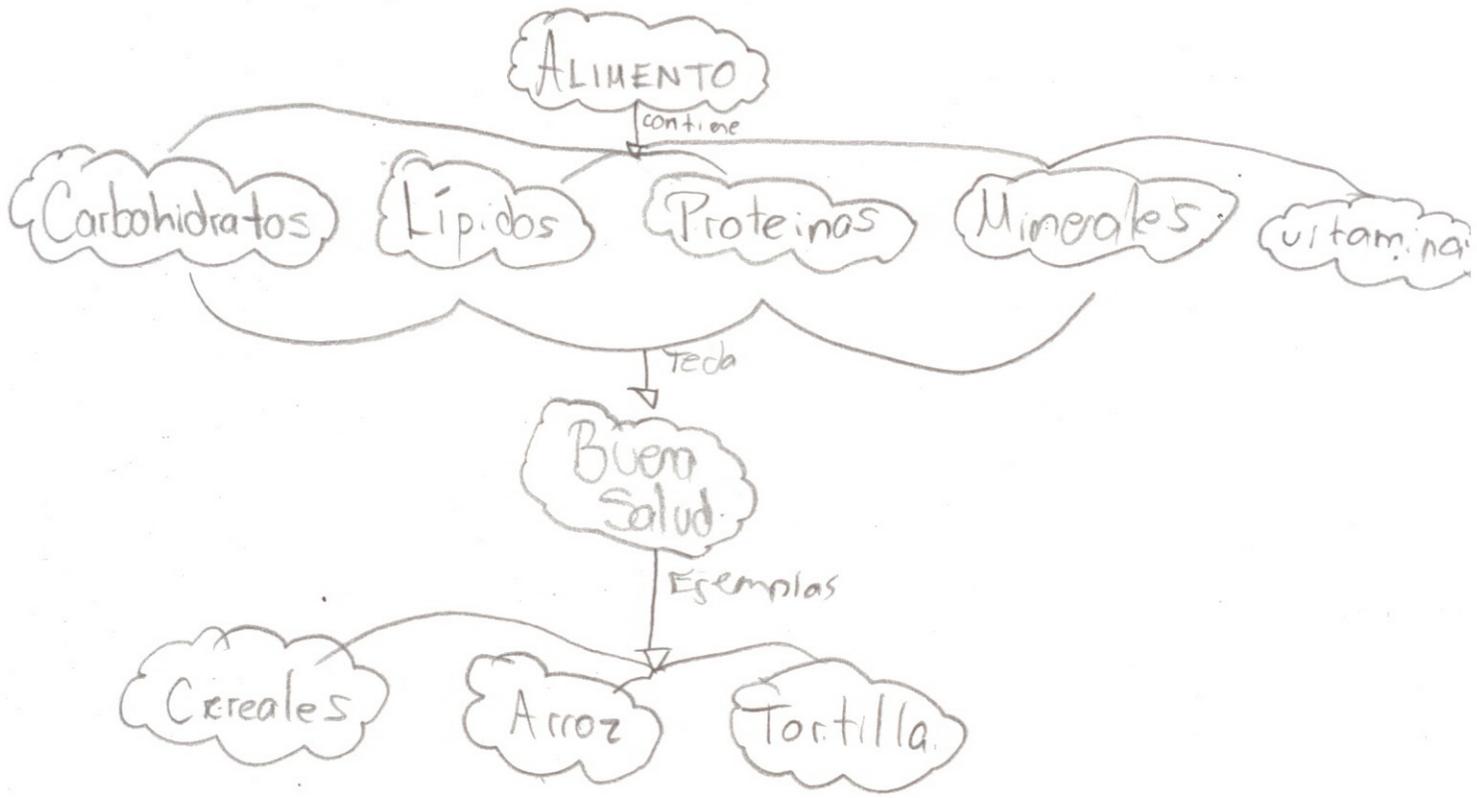
Mapa conceptual de química II

Nombre: Romírez Juárez Pablo Iván Grupo: _____

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
Instrucciones

De su lista de asociación de palabras escoja 5 de ellas y elabore un mapa conceptual que contenga además los conceptos: alimento, carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales.

Dispone de 15 minutos para hacerlo.



Nombre: Vullalobos Carpio Sandra Elizabeth Grupo: 236-A

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Carbohidratos	<u>azucares</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>glucosa</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>ceitosa</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>grupos funcionales</u>	<u>C</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>alimentos</u>	<u>P-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>nutrimentos</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>macronutrientes</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>monosacáridos</u>	<u>G</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>disacáridos</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>oligosacáridos</u>	<u>C</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>polisacáridos</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>energía</u>	<u>Po-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>Carbano</u>	<u>C-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	<u>estructura</u>	<u>N-</u>	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____
Carbohidratos	_____	_____	Carbohidratos	_____

Minerales	<u>sales</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>micronutriente</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>nutriente</u>	<u>C</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>alimento</u>	<u>P-</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>vida</u>	<u>Po</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>organismo</u>	<u>Po</u>	Minerales	_____
Minerales	<u>ser humano</u>	<u>N</u>	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____
Minerales	_____	_____	Minerales	_____

Nombre: Villalobos Cerpina Sandra Elizabeth Grupo: 236-A

Instrucciones: En esta prueba debe escribir tantas palabras como le sea posible con relación a la palabra que tiene a su izquierda, pueden ser ideas, lugares, cosas, lo que sea EXCEPTO ADJETIVOS dispone de 3 minutos para cada palabra.

Proteínas	<u>macronutrientes</u> C	Proteínas	_____
Proteínas	<u>estructura</u> C	Proteínas	_____
Proteínas	<u>grupos funcionales</u> C	Proteínas	_____
Proteínas	<u>fórmula general</u> N	Proteínas	_____
Proteínas	<u>alimento</u> P	Proteínas	_____
Proteínas	<u>vida</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>ser humano</u> N	Proteínas	_____
Proteínas	<u>nutriente</u> C	Proteínas	_____
Proteínas	<u>nutrición</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>enfermedad</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>tejido conectivo</u> Po	Proteínas	_____
Proteínas	<u>piel</u> N	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____
Proteínas	_____	Proteínas	_____

Mapa conceptual de química II

Nombre: Villalobos Carpio Sandra Elizabeth Grupo: 236-A

Alimentos: proveedores de sustancias esenciales para la vida
Instrucciones

De su lista de asociación de palabras escoja 5 de ellas y elabore un mapa conceptual que contenga además los conceptos: alimento, carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales.

Dispone de 15 minutos para hacerlo.

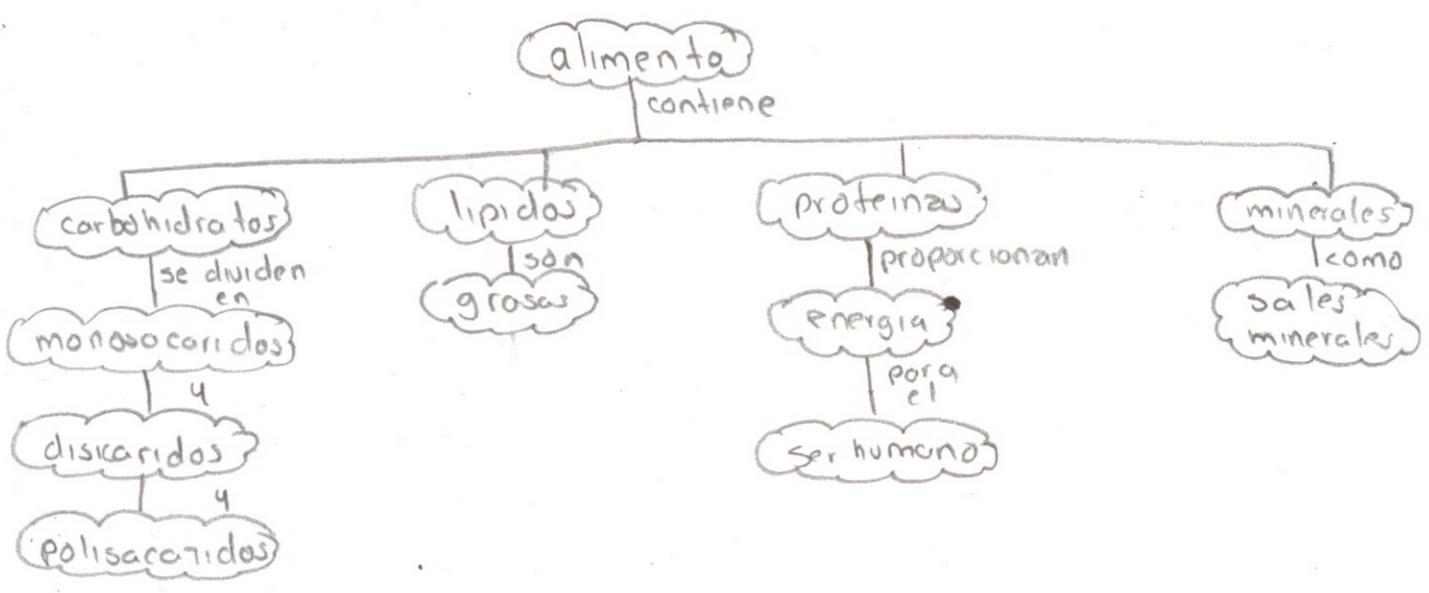
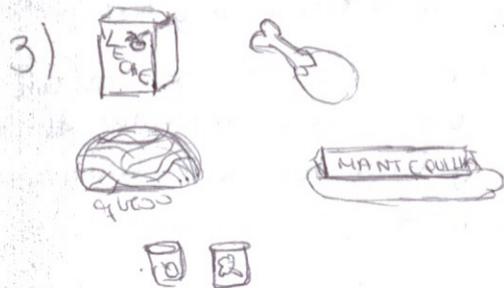


Diagrama Heurístico

PENSAR

- 3) Modelos (representaciones)
- 2) Lenguaje
- 1) Aplicaciones

- 1) Para saber en que nos beneficia
- 2) Procesos
 - Proteínas
 - Alimentos
 - Nutrientes
 - Conservadores
 - Presentaciones
 - Empaqueado
 - Mecanismos
 - Minerales
 - Lípidos
 - Grasas.



PREGUNTA

¿Porque son procesados los alimentos en diferentes presentaciones?

HACER

- 3) Análisis de datos
- 2) Procesamiento de datos
- 1) Recolección de datos

- Los cambios químicos que se dan en los procesos de los alimentos
- Que sustancias tienen los alimentos procesados.
- Como influye la cultura en los alimentos procesados.

RESPUESTA

HECHOS

- Algunos alimentos son procesados
- Mecanismos de proceso
- Que nutrimentos aportan
- Nos beneficia
- No todos los alimentos se procesan
- Presentación de los alimentos.
- Conservación de los alimentos

Referencias

Minerales: Son elementos químicos imprescindibles para el normal funcionamiento metabólico. Se pueden dividir acorde a la necesidad que el organismo tiene de ellos: como los macrominerales, y los microminerales.

PROTEINAS: Son las moléculas orgánicas más abundantes en las células; constituyen más de el 50% de su peso seco. Son verdaderas macromoléculas que realizan dimensiones de las micelas en el estado coloidal, poseen pesos moleculares elevados. Están formadas por varias cadenas polipepticas que pueden o no ser idénticas entre sí, y reciben el nombre de oligoméricas. Todas las proteínas contienen: Carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno.

Alimentos: Es la sustancia normalmente ingerida por seres vivos, incluye también bebidas líquidas. La comida es la principal fuente de energía y nutrición de animales, y es de origen animal o vegetal. El estudio de los alimentos es conocido como ciencia de los alimentos.

Nutrientes: Los nutrientes se clasifican en 5 grupos principales: proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas y minerales. Estos grupos comprenden un total aproximado de entre 40 y 50 sustancias esenciales para mantener la salud, y un crecimiento normal.

Lípidos: Son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y también oxígeno; pero en porcentajes mucho más bajos. Pueden contener fósforo, nitrógeno y azufre. Es un grupo de sustancias muy heterogéneas.

Grasas: En bioquímica, grasa es un término genérico para varias clases de lípidos, aunque se refiere a los acilglicéridos, ésteres en los que uno o varios ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina. Las grasas están presentes en muchas formas de vida, y tienen funciones tanto estructurales como metabólicas. Se dividen en ~~masa~~ saturadas e insaturadas.

Leon Alonso Celene Nemi
 Alcivar Martinez Estephaniza
 Bernzube Leon Rocio Araceli.

Diagrama Heurístico versión 8.0

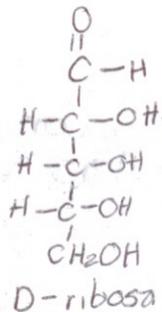
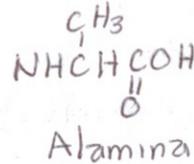
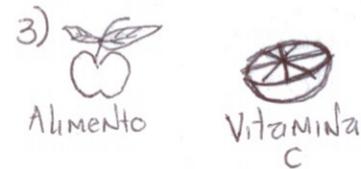
PENSAR

- 3) Modelos (representaciones)
- 2) Lenguaje
- 1) Aplicaciones

1) Sabremos el funcionamiento de los nutrientes en el cuerpo humano así como sus deficiencias al consumirse en exceso o defecto de los nutrientes en el organismo

- 2) • Nutriente
- Micronutriente
- Lípidos
- Organismo
- Carbohidratos
- Vitamina

- Micronutriente
- Mineral
- Alimento
- Proteína
- Consumo Necesario
- Actividad Física.



PREGUNTA

¿CÓMO FUNCIONAN LOS NUTRIENTES EN EL ORGANISMO CUANDO SE CONSUMEN EN DEFECTO O EXCESO?

RESPUESTA

En conclusión sabemos que los micronutrientes su principal función es regular las funciones del cuerpo, y por tanto pueden causar enfermedades que alteren dichas funciones y pueden causar escorbuto, beriberi, raquitismo, o enfermedad como la decalcificación y ceguera. Mientras que los Macronutrientes su principal función es la de aporte energético y si no es aprovechado se acumula provocando exesos de grasa que provocan obesidad y problemas cardíacos y vasculares.

HECHOS

- Los nutrientes de los alimentos ayudan a el funcionamiento correcto del organismo en cantidades necesarias.
- Los nutrientes de los alimentos se clasifican en Macro y Micro nutrientes.
- Los macronutrientes son:
 - Proteínas
 - Carbohidratos
 - Lípidos
- Los micronutrientes son:
 - Vitaminas
 - Minerales.

HACER

- 1) Investigación sobre el funcionamiento de los micronutrientes.
- 2) Procesamiento de datos
- 3) Análisis de datos
- 1) Recolección de datos
- Deficiencia que causan la falta y exceso de los micronutrientes.
- Investigación sobre el funcionamiento de los micronutrientes y su deficiencia en el cuerpo
- Productos alimenticios que los contienen
- Características de los carbohidratos, lípidos y proteínas

Nutriente	Fuente de los Alimentos	Función en el cuerpo	Enfermedades.
Micronutrientes			
Carbohidrato	arroz, mermelada, chocolate y papa.	Energía para las funciones externas como el movimiento.	en exceso pueden causar obesidad caries de diabetes
Lípidos	Mantequilla, aceite, huevo queso	Sirven como reserva energética y almacenamiento de los órganos	Pueden causar obesidad, ataque cardíaco y Desnutrición.
Proteínas	Carne, huevo, Leche, maíz, queso, Legumbres	aporta energía para el funcionamiento interno, el crecimiento y reparación de los tejidos	Puede causar anemia y Debilidad
Micronutriente			
Vitaminas	Leche, margarina, aceite de hígado de pescado	Control de los procesos del cuerpo y desarrollo	enfermedades de los huesos caries escorbuto raquitismo
Minerales	Leche, queso, pan, Pescado, huevo	crecimiento y reparación de los tejidos actividad nerviosa.	osteoporosis Hemorragias

3) Los nutrientes se consumen en diferentes cantidades y estas afectan según la cantidad de Actividad Física que se realice, las principales enfermedades en exceso de Actividad Física que se realice, las principales enfermedades en exceso de nutrientes son: Obesidad, diabetes, hipertensión, caries y en defecto de nutrientes son: Anemia, Debilidad, Osteoporosis, Artritis, escorbuto, raquitismo, beriberi.

Referencias

<http://www.paraqueestebien.com/sintomas/nutricion/nutrimientos.htm> CONSEJO

Gregory R. Choppin. QUIMICA, Universidad de Estado de Florida, Publicaciones culturales, 1981, MEXICO 17 DE. pp. 579-597

Dickson T.R. INTRODUCCION A LA QUIMICA, PUBLICACIONES CULTURALES, SEMPTIMA EDICION MEXICO MARZO 1981 17 DE. pp. 370-429

Lopez A. ¿Como les? papas Fritas, de acrilamida y cancer, N. 56 MexDT 2007 pp 14-19

ROBINSON CORNE H. FUNDAMENTO DE NUTRICION NORMAL, Editorial Continental Noviembre 1989, Mexico D pp. 11-569

fox Brian A. CIENCIA DE LOS ALIMENTOS NUTRICION Y SAUD TERCERA, Edicion Editorial Limusa, Mex. 1997 pp 10-397

Nutriente: Componentes químicos de los alimentos que realizan alguna función.

Organismo: Sistema vivo con entidad propia.

Alimento: Sustancia que mantiene la vida y el crecimiento necesaria para mantenernos saludables.

Macronutriente: Sustancias que se ingieren en mayor cantidad usados para formar y mantener estructuras

Micronutriente: Sustancias que se ingieren en menor cantidad usados para formar y mantener estructuras

Carbohidrato: Son azúcares que contienen H, C y O su fórmula general es $C_x(H_2O)_y$ y la mayoría de los carbohidratos son aldeídos y se encuentran en gran variedad de tamaño como monosacáridos, disacáridos y polisacáridos

Lípidos: Son compuestos orgánicos que contienen C, H y O pertenecen a una clase de sustancias conocidas como ésteres y sirven para muchos procesos dentro del cuerpo

Proteínas: Son materiales de polímeros llamados aminoácidos

Vitaminas: Son compuestos orgánicos que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos su presencia es esencial.

Minerales: Son elementos que el cuerpo requiere en cantidades bastante pequeñas su función es reguladora y no aporta energía.

Actividad física: Hacer trabajar al cuerpo, haciendo cualquier tipo de movimiento que haga que se desgaste energía, que es suministrada por los nutrientes.

Consumo necesario: cantidad ingerida que no es ni pasado de lo recomendada ni poco de lo que se necesita para satisfacer las vitalidades del cuerpo.

Equipo 3
Diagrama Heurístico versión 8.0

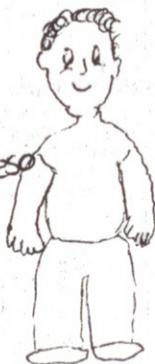
PENSAR

- 3) Modelos (representaciones)
- 2) Lenguaje
- 1) Aplicaciones

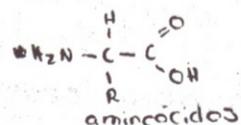
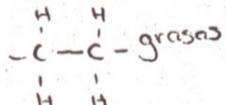
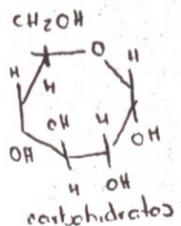
Para prevenir trastornos alimenticios debido al consumo de comida light en exceso.
Es importante para tener un bienestar.

- 2) Comida light consecuencias salud minerales proteínas carbohidratos grasas dietas calorías

sacarina
salvado
fibra
almidón
azúcar



20% calorías



PREGUNTA

¿Por qué la comida light tiene consecuencias en la salud de las personas que lo consumen en exceso?

RESPUESTA

Su empleo indiscriminado puede alterar la salud. Si se abusa de ellos aumenta el riesgo de desequilibrios nutricionales. Las grasas y los azúcares son nutrientes necesarios para el funcionamiento del organismo. Si se sustituye muchos de los alimentos convencionales por sus versiones light, puede haber riesgo de carencia de nutrientes esenciales, es decir, aquellos que el organismo no puede producir por sí solo, más aún si el conjunto de la dieta no

HECHOS

- la comida light es baja en calorías
- la comida light desequilibra el sistema cardiovascular 1)
- la comida light en exceso produce aumento de peso 2)
- los azúcares y grasas son sustituidos por sacarina, agua, aire en los alimentos light 3)
- la sacarina endulza más que el azúcar

HACER

- 3) Análisis de datos
- 2) Procesamiento de datos
- 1) Recolección de datos

1) Investigación de:
- Propiedades físicas y químicas de la comida light (que contiene queso y que se le sustituye) y que diferencia existe entre la comida casera y que no tiene la light.
- Que contiene la comida casera y que no tiene la light.
- Procesos a los que está sujeta la comida light.

3a) Los dietas bajas en grasas excluyen o limitan considerablemente los alimentos con un alto contenido de grasa pero permiten que se consuman libremente otros alimentos. Los auxiliares dietéticos caren adelgazar con las versiones bajas en calorías energías. Esto se obtiene por lo general sustituyendo las sustancias que carecen de energía como agua, aire, salado y sacarina.

2a) Tres alimentos light (bajos en calorías)

ALIMENTO	NORMAL	LIGHT
Mayonesa (15gr)	108 cal	48 cal
Gasosa (354 cc)	149 cal	2 cal
Leche (200gr)	116 cal	66 cal

Referencias

- López Murguía, Agustín. "La moda alimenticia en ¿cómo ves? no. 8 año 1 pag 8-12 1)
- La comida Light ¿sirve? en a tu salud <http://www.zona.mx.net> 2)
- Fregoso, Felia mf@nutricion.especializada.com www.nutricionespecializada.com/alimentos/light/detal.htm
- Tepur Mex www.doctor.mex.com.ar/mundo_light.htm
- Fox Brian A. (1997) Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. Limusa Mexico, D.F. #55 457 3)
- Merharley, Helen (1997), Tecnología de los alimentos. Limusa, Mex. D.F. 767 pag.

Comida light: Alimentos químicamente tratados escasos de energía, o sustituidas grasas y azúcares, por agua, aire, sacarina y salvado.

Consecuencias: Representación de un hecho o acción

salud: Logro y mantenimiento del estado más elevado de vigor mental y corporal de que sea capaz cualquier individuo.

minerales: Forman parte de la estructura rígida del cuerpo

proteínas: Proporcionan aminoácidos, forman la estructura de todos los tejidos.

carbohidratos: Contienen carbono, hidrógeno y oxígeno

lípidos: Se utiliza para designar sustancias parecidas a las grasas de origen natural.

dietas: Mezcla de alimentos que incluye cantidades suficientes de todos los nutrimentos esenciales para la prevención de enfermedades por deficiencia

calorías: Contenido energético de un alimento

exceso: Algo que se ~~se~~ consume en mayor cantidad o se exagera.

consumo: que se pueda consumir,

sacarina: Sustancia no calórica que se ha utilizado durante muchos años para ocasionar una sensación dulce.

Picor: Escozor en el paladar por haber comido alguna cosa picante.

Chile: Escozor en el paladar por haber comido alguna cosa picante.

Recuperación: Escozor en el paladar por haber comido alguna cosa picante

Tiempo: Duración limitada de las cosas. Época en que sucede algo.

Sustancia: toda porción de materia que comparte determinadas propiedades.

Capsaicina: componente activo del chile

Casina: Proteína. Sustancia albuminoidea que se saca de la leche y se usa para hacer el queso.

Proteína: Sustancia que forma parte de la materia fundamental de las células y de las sustancias vegetales y animales.

Inhibir: Impedir. Suspender transitoriamente la función de un órgano. Reprimir, contener.

Procesamiento de datos:

Con base a los tiempos del nivel 3 de picor creamos la siguiente tabla.

Formas de desenchilar (tiempo)							
Tipo de chile		Sin sustancia	Azúcar	Sal	Aceite	Hielo	Leche
Habanero	Juan	5.17 min.	5.14 min.	5.10 min.	5.00 min.	4.54 min.	4.40 min.
	Alfredo	4.54 min.	4.51 min.	4.46 min.	4.39 min.	4.38 min.	4.35 min.
	Pablo	5.26 min.	5.23 min.	5.15 min.	5.10 min.	5.00 min.	4.54 min.
	Ivan	5.30 min.	5.26 min.	5.24 min.	5.17 min.	5.00 min.	4.55 min.
Güero	Juan	1.3 min.	58 seg.	55 seg.	51 seg.	47 seg.	43 seg.
	Alfredo	45 seg.	41 seg.	36 seg.	32 seg.	26 seg.	22 seg.
	Pablo	50 seg.	46 seg.	40 seg.	37 seg.	32 seg.	28 seg.
	Ivan	55 seg.	50 seg.	47 seg.	43 seg.	39 seg.	36 seg.
Serrano	Juan	42 seg.	40 seg.	34 seg.	31 seg.	26 seg.	20 seg.
	Alfredo	27 seg.	26 seg.	23 seg.	20 seg.	19 seg.	13 seg.
	Pablo	29 seg.	27 seg.	23 seg.	21 seg.	20 seg.	15 seg.
	Ivan	36 seg.	25 seg.	21 seg.	18 seg.	17 seg.	13 seg.
Cuaresmeño	Juan	37 seg.	35 seg.	32 seg.	29 seg.	25 seg.	20 seg.
	Alfredo	33 seg.	30 seg.	27 seg.	25 seg.	21 seg.	17 seg.
	Pablo	39 seg.	36 seg.	31 seg.	28 seg.	24 seg.	18 seg.
	Ivan	41 seg.	37 seg.	35 seg.	32 seg.	29 seg.	25 seg.
Pimiento	Juan						
	Alfredo						
	Pablo						
	Ivan						

El caso del pimiento es uno especial, ya que nadie se enchilo con ninguna de las cantidades de la pasta de este.

Tipo 8.0

Diagrama Heurístico

PENSAR

- 3) Modelos (representaciones)
- 2) Lenguaje
- 1) Aplicaciones

Aplicaciones:

- * fomenta una buena educación en cuanto a la buena alimentación.
- * Descubrir mejores métodos para alimentar sanamente a futuras generaciones.

Lenguaje:

- * obesidad
- * lípidos / grasas
- * Azúcares
- * Calorías
- * Índice de Masa Corporal
- * comida chatarra
- * Triglicéridos
- * Carbohidratos
- * grasas saturadas
- * grasas insaturadas.

Modelos:



* La comida chatarra engorda.

PREGUNTA

¿Porque la comida chatarra provoca obesidad en las personas que no realizan ninguna actividad física o la consumen en exceso?

RESPUESTA

La obesidad es consecuencia de un aporte de energía en exceso, a través de los alimentos. Esta energía se acumula en el adiposito (tejido graso) en forma de triglicéridos.

HECHOS

- * Los conservadores o productos químicos provocan mayor obesidad
- * La glucosa y la grasa son transformadas en energía
- * La comida chatarra engorda.
- * La energía acumulada y no quemada provoca obesidad.

* Muchas personas que trabajan se ven forzadas a comer en la calle.

HACER

Análisis de datos (encuesta)

- 3) Análisis de datos
- 2) Procesamiento de datos
- 1) Recolección de datos

	NINOS	ADOLESCENTES	ADULTOS
Alimentos preferidos	<ul style="list-style-type: none"> o Galletas o frituras o 	<ul style="list-style-type: none"> o Galletas o Helados o dulces 	<ul style="list-style-type: none"> o carnes o quesadillas o galletas o frituras.
Frecuencia de consumo	4 a 5 veces a la semana	cada 3 ^{er} día.	1 a 2 veces por semana.
Actividad.	o ver tele o estudiar	o ver tele	o escribir o ver tele

Procesamiento de datos:
 * Análisis de resultados de encuestas.

- *
- *
- *

Recolección de datos:

- * Encuesta
- * ¿De qué grasas son más difíciles de digerir?
- * Tipos de grasas
- * ¿Cómo se produce la obesidad?
- * Significado de conceptos.

Referencias http://la.prensa.com.ni	Wuom - Iuen WJ, Leung Año: 1978 Reimpresión 2ª edición. Editorial: Panamericana "Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina" Pág: 135-138	Moero B. Año: 1999 3ª edición "La obesidad en el 3er milenio" Editorial: Medica Panamericana Pág: 18-60	Del Rio E (Rios) Año: 1999 2ª edición "La panza es primero" Año: 1999 Pág: 30-53	Rubio Herrera "Manual obesidad movida"
---	---	--	---	---

Azúcar: cualquier compuesto químico del grupo de los hidratos, normalmente cristalizables y de sabor dulce.

Obesidad: condición corporal caracterizada por el almacenamiento de una cantidad excesiva de grasa en el tejido adiposo bajo la piel.

Lípidos/grasas: constituyen el nutriente energético por excelencia. Ácidos grasos esenciales.

Índice de masa corporal (IMC): Número que pretende determinar, a partir de la estatura y masa de una persona, el rango más saludable de la misma.

Caloría: cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua 1 grado Celsius.

Comida chatarra: dicese la comida grasosa o poco alimentaria para el organismo "comida inservible".

Triglicéridos: grupo de compuestos orgánicos existentes en la naturaleza que consisten en ésteres formados por tres moléculas de ácidos grasos y una molécula de alcohol glicerina.

Grasas saturadas: formadas por ácidos grasos saturados, aparecen por ejemplo en tocino, sebo, manteca.

Grasas insaturadas: ácidos grasos insaturados como el oléico y el palmítico.

Diagrama Heurístico versión

PENSAR

- 3) Modelos (representaciones)
 - 2) Lenguaje
 - 1) Aplicaciones
- 2-
- Alimento
 - Nutrientes
 - Obesidad
 - Malo nutr.
 - Micro nutriente
 - Dieta balanceada
 - Proteínas
 - Vitaminas
 - Denutrición
 - Lípidos
 - Minerales
 - Actividad física
 - Carbohidratos

3-

▲ Pirámide alimenticia

Maní

Proteína

Carbohidratos

vitamina D

00 Huevos

Rescado

$C-C-NH-CH-C-NH-Cit-C-NH$
 $C-C=C-H^3-CC-A_{1/2}$
 $H-C-OH$
 $H-C-OH$
 $H-C-OH$
 $H-C-OH$
 $H-C-OH$

Aplicaciones:

Tener nocion acerca de los nutrimentos que conviene consumir de acuerdo a sus nutrimentos y balance para tener un buen funcionamiento del organismo y para conservar la salud

PREGUNTA

¿DE QUE MANERA PUEDO TENER UNA NUTRICION BALANCEADA?

RESPUESTA

Los nutrimentos de los alimentos son importantes para el ser humano desde su nacimiento para el buen funcionamiento de su organismo y un sano desarrollo evitando enfermedades y malformaciones. Para tener una nutricion balanceada depende de cada tipo de persona.

HECHOS

- Los alimentos son ricos en nutrimentos
- Cada alimento proporciona diferentes nutrimentos.
- Los nutrimentos se dividen en 2 grupos macronutrientes y micronutrientes
- Los nutrimentos químicos de los alimentos son sales minerales, carbohidratos, lípidos, proteínas y vitaminas.
- El consumo excesivo al igual que el consumo deficiente puede provocar enfermedades.

HACER

- 3) Análisis de datos
- 2) Procesamiento de datos
- 1) Recolección de datos

METODO:

Realizaremos una investigación acerca de los nutrimentos esenciales para los seres humanos, ademas de la cantidad que el ser humano debe de consumir para poder tener una nutricion balanceada.

DATOS:

- La denutrición es un síndrome que proviene de un desequilibrio entre el aporte de los nutrientes a los tejidos.
- Los nutrimentos son indispensables para el buen funcionamiento del organismo.
- Los aportes nutricionales deben ingerirse en proporciones adecuadas según la pirámide de la alimentación.

Funcion de los nutrimentos en el ser humano

Proteínas	Produce tejidos corporales y sintetiza enzimas, hormonas como la insulina y otras sustancias complejas que rigen los procesos corporales.
Lípidos	Son una fuente de energía a largo plazo para el cuerpo
Carbohidratos	Se queman durante el metabolismo para producir energía
Vitaminas	La ausencia de algunas vitaminas causa enfermedades graves
Minerales	preparan y mantiene la piel y otros tejidos orgánicos

Referencias Elaine P. Feldman / Principios de nutrición clínica / editorial maneval moderno / RA 75 y F 9619
 William H. / Alimentos y nutrición / ediciones culturales internacionales / Tx 355 5932
 http://es.wikipedia.org/wiki/Alimento / Ramirez A 2007 / even R / Química de los alimentos
 Kotesman Kat, 2002 Especial para la vida / editorial acubay colido / el porvenir.

Alimento: cualquier sustancia que introducida en la sangre, nutre, repara el desgaste y da energía y calor al organismo.

Nutrimiento: Es un elemento esencial o materia prima esencial para el crecimiento de un organismo.

Dieta balanceada: Es aquella que a través de los alimentos que forman parte de $1/10$ de las comidas aporta nutrientes en proporciones que el organismo necesita para su buen funcionamiento.

Obesidad: Es un exceso de grasa. Es un factor de riesgo conocido como enfermedad crónica, producida por comer exceso o una mala alimentación.

Macronutrientes: Aquello que el ser humano necesita en mayor cantidad.

Proteínas: Están formadas por aminoácidos que son los que requiere el cuerpo para construir tejidos como la piel.

Lípidos: Productos que contienen ácidos grasos saturados e insaturados, líquidos y sólidos.

Carbohidratos: Son muy energéticos y son fundamentales para el organismo porque nos aportan glucogeno que a su vez no aporta la energía.

Micronutrientes: Los necesitamos en menores cantidades.

Vitaminas: Compuestos químicos muy complejos que tienen cantidades imprescindibles para el funcionamiento del organismo.

Minerales: Partículas necesarios para nuestro organismo para la reconstrucción estructural de tejidos corporales.

Anexo I

Diagramas heurísticos obtenidos como resultado de la investigación

PENSAR

3) Modelos (representaciones)

Constructivismo
ABP

- Barrows
- Escenario
- Estudio de caso
- Preguntas (Savery y Duffy)
 - Inferenciales (Semiabiertas y abiertas)
 - No inferenciales (Cerradas)

Problemas (Toulmin)

2) Lenguaje

Aprendizaje
 Problema
 Lenguaje
 Modelo
 Aprendizaje centrado en el alumno
 Aprendizaje basado en la solución de problemas (ABP)
 Escenario
 Caso
 Preguntas

1) Aplicaciones

-Promover el aprendizaje de conceptos de química mediante la solución de problemas.

-Proponer que características tiene un problema para aprender, de acuerdo con la definición de problema de Toulmin

HACER

3) Análisis de datos

Cinco equipos consiguieron construir problemas de acuerdo con la propuesta de problema de Toulmin, sin embargo un equipo propuso un problema con un enfoque experimental, aunque éste no contempla todos los aspectos propuestos por Toulmin.

2) Procesamiento de datos

Problemas generados por los alumnos y aspectos que contemplan de acuerdo con el modelo de problema de Toulmin.

Equipo	L	R	A
1	X	X	X
2	X	X	X
3	X	X	X
4		X	X
5	X	X	X
6	X	X	X

Enfoque de la solución del problema

Equipo	Metodología de solución
1	Investigación documental
2	Investigación documental
3	Investigación documental
4	Experimental
5	Investigación documental
6	Investigación documental

1) Recolección de datos

Aplicación de un modelo de ABP en la segunda unidad del curso de química II del CCH, generando problemas de aprendizaje utilizando lecturas de una revista de divulgación relacionadas con temas de alimentos.

PREGUNTA

¿Cómo pueden plantearse los problemas para aprender de manera que sean auténticos problemas?

RESPUESTA

Los problemas para aprender pueden ser planteados por los propios alumnos. Este planteamiento es un proceso en el que participan los alumnos del equipo, el maestro y los otros equipos, mediante el dialogo y la comunicación. Este proceso es difícil pues a menudo los alumnos tienen dificultades en reconocer cuál o cuáles son los modelos involucrados en el problema, o que nuevo lenguaje se requiere generar para resolverlo y el maestro requiere de elementos para distinguir un problema de un ejercicio. Aunque casi todos los alumnos lograron construir un problema consistente con la definición de Toulmin. Estos problemas pueden tener diferentes enfoques de solución, prefiriéndose la investigación documental.

HECHOS

Las actividades de aprendizaje deben centrarse en el alumno¹
 El ABP es una propuesta pedagógica centrada en el alumno²
 Los problemas son situaciones confusas para las que no hay una solución evidente³
 No hay claridad en la definición de lo que es un problema para aprender⁴
 Toulmin propone que en ciencia un problema involucra el lenguaje, los modelos y las aplicaciones⁴

Referencias ¹ UNESCO (1998); ² Gil (2006), Caamaño (2001), Campanario (1999); ³ Martínez (2005), Gil (1988), Gil (1983); ^{4,5} Chamizo (2005), Izquierdo (2005).

PENSAR

3) Modelos (representaciones)

Enseñanza constructivista
ABP
Enseñanza tradicional
Aprendizaje cooperativo
Cuestionarios empíricos

2) Lenguaje

Naturaleza de la ciencia
Evaluación
Cuestionarios empíricos

1) Aplicaciones

-Conocer en que modelo de docencia se promueve mejor el conocimiento de la naturaleza de la ciencia

PREGUNTA

¿Cómo influyen los diferentes modelos de docencia en la construcción de una cultura científica entendida como el conocimiento de la naturaleza de la ciencia (NdeC)?

RESPUESTA

Ninguno de los modelos comparados muestra que se promueva en los alumnos una cultura científica. En particular en el modelo ABP. Aunque se pensó que su sola aplicación permitiría que los alumnos aprendieran la NdeC, queda evidenciado que se hacen necesarias actividades que le permitan al alumno la reflexión sobre las características de las actividades que efectúan cuando resuelven problemas y puedan reconocerlas como actividades propias de una cultura científica.

HECHOS

Los ciudadanos deben estar informados en ciencia ¹
La enseñanza tradicional contribuye poco al conocimiento de la NdeC ²
La evaluación de la cultura científica entendida como NdeC debe hacerse con instrumentos desarrollados empíricamente ³
La enseñanza de la NdeC debe hacerse con los propios métodos de la ciencia. ⁴

HACER

3) Análisis de datos

En ninguno de los grupos evaluados se obtuvieron resultados favorables. Sólo en el grupo ABP hay una menor disminución en los alumnos informados.

2) Procesamiento de datos

Modelo	Clasificación	pretest %	Postest
ABP	Informado	12	10
	Transicional	50	32
	Ingenuo	37	53
Grupos testigo	Informado	10	4
	Transicional	37	41
	Ingenuo	52	53

1) Recolección de datos

Aplicación de un cuestionario traducido al español sobre NdeC, antes y después del desarrollo de la segunda unidad del curso de Química II, en los grupos participantes en la investigación.

Referencias ¹ Gallopin (2002), Acevedo (2005), NRC (1996) ² McComas (1998), Vázquez (2001), Gómez (1990); ³ Lederman (2002), Abd-El-Khalik (2001), Izquierdo (2000), Adúriz (2005,2002) ; ⁴ Hodson en Martínez (2005).

PENSAR

3) Modelos (representaciones)

Enseñanza constructivista
ABP
Enseñanza Tradicional
Aprendizaje cooperativo
Problema (modelo de Toulmin)

2) Lenguaje

Aprendizaje
Problema
Modelo de docencia
Enseñanza tradicional
Enseñanza constructivista
Aprendizaje cooperativo
Aprendizaje basado en la solución de problemas (ABP)

1) Aplicaciones

-Conocer el potencial de la definición de problema de Toulmin en el ABP para el aprendizaje de la química con respecto a otros modelos de docencia.

PREGUNTA

¿Cómo influye en el aprendizaje de la química el ABP con el modelo de problema de Toulmin con respecto a otros modelos de docencia?

RESPUESTA

El modelo de aprendizaje basado en la solución de problemas muestra resultados más favorables que los obtenidos en otros modelos de docencia.

Es posible pensar que convenientemente estructurado e introducido de manera gradual lo más tempranamente posible en los cursos de ciencias se obtengan mejores resultados.

Estos resultados son más interesantes si se considera que los alumnos no recibieron clases de química durante la aplicación de la prueba.

HECHOS

El ABP promueve el aprendizaje autónomo del alumno ¹
Los alumnos aprenden poco en la enseñanza tradicional ²
Las propuestas de enseñanza constructivista promueven el aprendizaje significativo ³
El aprendizaje cooperativo disminuye la deserción y mejora el aprendizaje de los alumnos. ⁴

HACER

3) Análisis de datos

Tras el estudio de la segunda unidad los grupos con enseñanza tradicional y cooperativa muestran los resultados menos prometedores, siendo el grupo con el modelo ABP el que mejores resultados obtiene.

2) Procesamiento de datos

Modelo	previo	posterior
ABP	36.4	43.2
Grupos testigo	38.5	36.6

1) Recolección de datos

Aplicación de un cuestionario de química antes y después de la segunda unidad del curso de Química II al grupo en el que se aplicó el ABP y a otros grupos con diferentes modelos de docencia

Referencias ¹ Boud y Feletti (1998), Everwijn (1993) ² SEP (2006), UNESCO (1998); ³ SEP (2006); ⁴ Gómez (2005).