



MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

Facultad de Química

Las preguntas “abiertas” como
estrategia didáctica en la química del agua

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN DOCENCIA
PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR QUÍMICA

P R E S E N T A

Q.F.B. GRISELDA RÍOS LÓPEZ

Tutor:

JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO

Facultad de Química

México D.F. Julio 2013



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.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Dr. Andoni Garritz Ruiz

VOCAL: Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia

SECRETARIO: Dra. Kira Padilla Martínez

VOCAL: Dra. Alejandra García Franco

VOCAL: Dr. José Antonio Chamizo Guerrero

Sitio donde se desarrollo:

Facultad de Química y la Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Asesor

Dr. José Antonio Chamizo Guerrero

Sustentante

Q. F. B. Griselda Ríos López



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación obtenida a lo largo de estos años, a los recursos humanos y materiales con los que cuenta, y por siempre proporcionarme un sin número de posibilidades.

Al jurado revisor que engrandeció con sus comentarios este trabajo

Mi más sincero agradecimiento al Dr. José Antonia Chamizo Guerrero, por su valiosa dirección, por sus sabios consejos y por su paciencia gracias a esto se logro llevar a cabo este trabajo.

A mis profesores de la MADEMS por introducirse a un nuevo mundo (enseñanza-aprendizaje)

DEDICATORIAS

A mis padres: Felipe † y Estela

Muchas gracias por su apoyo ya que siempre que lo he requerido han estado ahí, por su comprensión, por su amor desinteresado, por impulsarme para alcanzar mis metas, por los consejos para orientar mi vida, por la fe y el amor a dios que me han inculcado, por todo eso y más gracias.

A mis hermanos: Sandra, Alfredo, Mirna y Araceli

Gracias por su amor y comprensión, por sus consejo para orientarme, por estar juntos en los momentos difíciles de nuestra vidas, por ser una familia unida a pesar de nuestras diferencias.

A mis sobrinos: Eduardo, Fernando, Shade, Damaris, Karime, Jessica, Dayra y Vanessa

Gracias por llenar de alegría nuestras vidas.

A mis cuñados: Raúl, Joaquín, Norma y Miguel

Gracias por la felicidad que han traído a la familia y su apoyo incondicional.

La calidad de nuestro pensamiento
está en la calidad de nuestras preguntas

Elder

INDICE GENERAL

Índice de cuadros y esquemas	III
Resumen	V
Abstract	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	6
2.1 La educación	7
2.1.1 La educación en las áreas de las ciencias	7
2.1.2 La educación en ciencias en México	9
2.1.3 La educación media superior en México	10
3. MARCO TEORICO	14
3.1 Modelos didácticos en las áreas de las ciencias	15
3.1.1 Aprendizaje basado en problemas	15
3.1.2 Secuencia didáctica	18
3.2 Las preguntas	22
3.2.1 La importancia de las preguntas en educación	22
3.2.2 Clasificación de las preguntas	27
3.2.3 El contexto de las preguntas	31
4. JUSTIFICACIÓN	34
5. OBJETIVOS	37
6. METODOLOGÍA	39
6.1 Definición de las preguntas abiertas y cerradas	40
6.2 Pretest	41
6.3 Secuencia didáctica	42
6.3.1 Descripción de las sesiones	46
6.3.1.1 Presentación de las preguntas abiertas y cerrada	46

6.3.1.2	El agua y sus propiedades	47
6.3.1.2.1	Polaridad de la molécula del agua	48
6.3.1.2.2	Tensión superficial del agua	49
6.3.1.2.3	Densidad del hielo	50
6.3.1.3	Visita al lago de Xochimilco	51
6.4	Postest	57
6.5	Confirmación del postest	57
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
7.1	Definición de las preguntas abiertas y cerradas	60
7.2	Resultados del pretest	61
7.3	Resultados de la secuencia didáctica	64
7.3.1	Caracterización de las preguntas por parte de los alumnos	64
7.3.2	Resultados del experimento de la polaridad del agua	65
7.3.3	Resultados del experimento de tensión superficial	67
7.3.4	Resultados del experimento de densidad del hielo	70
7.3.5	Resultados de la visita al lago de Xochimilco	73
7.4	Postest	78
7.5	Confirmación del postest	82
8.	CONCLUSIONES	86
9.	RECOMENDACIONES	89
10.	REFERENCIAS	91
11.	ANEXOS	100
Anexo I	Agua el recurso más valioso (artículo)	101
Anexo II	La extravagancia del agua (artículo)	107
Anexo III	Visita al lago de Xochimilco (cuestionario)	111
Anexo IV	Anatomía de la atmósfera (artículo)	112

ÍNDICE DE CUADROS Y ESQUEMAS

Cuadro 1	Temas en los cuales se apoyó la investigación	44
Cuadro 2	Criterios para la clasificación de las preguntas	47
Cuadro 3	Resultados del experimento de “Tensión superficial”	50
Cuadro 4	Rúbrica para la evaluación del cartel	55
Cuadro 5	Resultados del pretest, en porcentajes de preguntas abiertas y cerradas	62
Cuadro 6	Resultados en porcentajes del número de preguntas abiertas que elaboraron los alumnos individualmente en el pretest	63
Cuadro 7	Resultados en porcentajes de preguntas abiertas, elaboradas a partir del experimento, de la polaridad del agua	65
Cuadro 8	Resultados del experimento de tensión superficial, del grupo experimental E1	67
Cuadro 9	Porcentajes de preguntas abiertas, elaboradas a partir del experimento de tensión superficial	68
Cuadro 10	Porcentajes de preguntas abiertas, elaboradas a partir de la observación de la densidad del hielo	71
Cuadro 11	Resultados de la evaluación del cartel de acuerdo con la rúbrica, del grupo experimental E1	77
Cuadro 12	Resultados en porcentaje del postest, de los grupos controles y experimentales	79
Cuadro 13	Resultados en porcentajes del número de preguntas abiertas que elaboraron los alumnos individualmente en el postest	81
Cuadro 14	Comparativo de los resultados del pretest y postest de los grupos controles y experimentales	83

Cuadro 15	Resultados de la confirmación del postest después de cuatro meses de haber aplicado la secuencia didáctica	84
Cuadro 16	Resultado en porcentajes del número de preguntas abiertas que elaboraron los alumnos individualmente en la confirmación del postest	84
Cuadro 17	Comparativo del pretest, postest y la confirmación del postest, en porcentajes	83
Esquema 1	Las preguntas como generador de diversos procesos	24

RESUMEN

La formulación de preguntas es un proceso cognitivo fundamental. Un sujeto ideal inquisitivo es una persona activa, automotivada, crítica, creativa, indagadora, que hace preguntas profundas y busca dar las respuestas a las mismas. Otero, 2001 Menciona que la mayoría de los estudiantes no son activos inquisidores y que en el ámbito de la escuela no se promueven actividades para que formulen buenas preguntas. En general, los estudiantes hacen pocas preguntas y de poca profundidad.

Investigaciones recientes, demostró que los alumnos formulaban preguntas cerradas.

En este trabajo se planteo y evaluó una serie de actividades que ayudaron a los estudiantes a desarrollar su capacidad para la elaboración de preguntas abiertas. Para lo cual las preguntas se clasificaron en:

Pregunta cerrada, solicita información de una sola fuente y la respuesta es corta y se encuentra en un solo lugar.

Pregunta abierta solicita evidencias e información proveniente de dos o más fuentes, la respuesta es amplia, remite al análisis, apela a la organización de ideas, conceptos, hechos y establece relaciones entre ellas.

Para cumplir con el objetivo se planteo una serie de actividades como: la realización de un pretest, tomando seis grupos, a los cuales se les proporcionó un artículo, los alumnos individualmente elaboraron cinco preguntas referentes a la lectura. Dichas preguntas se clasificaron en “abiertas” o “cerradas” de acuerdo con el criterio antes mencionado.

Posteriormente se procedió a la intervención en el aula de los seis grupos tres fueron tomados como grupos de contraste y tres como grupos experimentales.

En los grupos experimentales se efectuó una intervención didáctica, donde los alumnos desarrollaran su capacidad de elaborar preguntas “abiertas” sobre el tema de química del agua. Una vez terminada la intervención se procedió con todos los grupos a la evaluación final. Para ello se les proporciono otro artículo al término de la lectura se les indicó que elaboraran cinco preguntas referentes a ésta lectura. Las preguntas elaboradas, se clasificaron en “abiertas” y “cerradas”.

Analizando los resultados obtenidos, en los grupos experimentales, podemos observar que hay un aumento significativo de preguntas abiertas en el posttest (55 %) que el pretest (8 %) y una disminución con respecto a la elaboración de preguntas cerradas. Es decir la estrategia aplicada consigue mejorar la calidad de las preguntas hechas por los alumnos que fueron sometidos a ella.

ABSTRACT

The formulation of questions is a fundamental cognitive process. An inquisitive ideal person is active, self-motivated, critical, creative and inquiring, that makes profound questions and always tries to give them an appropriate answer. Otero, 2001 mentions that most of the students are not active inquisitors and that in the scholar's scope; activities to make students formulate good questions are not promoted. In general, few questions are made by students which are not as profound as expected.

Recent investigations demonstrated that most of the students formulated closed-questions.

In this research, a serie of activities that helped students to develop their capacity to elaborate opened-questions was evaluated, reason why the questions were classified in:

Closed question is the one in which information is only taken from one source, its answer is short and it can only be in one place.

Opened question needs evidence and information taken from different sources, they can be two or more, its answer is large, takes as reference the analysis, appeals the organization of the ideas, concepts, events and establishes a relation between all of them.

In order to achieve the objective of the research, some specific activities such as: a pre-test were made. In the pre-test six groups were given an article, of which, each student was asked to elaborate five questions about it. All the questions made by the students were classified in 'opened' and 'closed' questions according to the criterion mentioned before.

Subsequently, it was made an intervention in the six groups, which were separated. The first three were taken as groups of contrast and the other ones as experimental groups.

In the second block (the experimental groups) students developed their capacity to elaborate 'opened' questions about the topic 'Chemist in water'.

Once the activity finished, all the groups were given an article and at the end of the reading students had to elaborate five questions related to what they read. The elaborated questions were classified as 'opened' and 'closed'.

Analyzing the results, we can observe that in the experimental groups the amount of opened questions increased to 55%, taking as reference that in the pre-test the result was 8%. It means that the strategy used is effective, as a evidence, students who were submitted to it, improved the quality of the questions they elaborated.

1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros años de estudio hasta el nivel de posgrado, la educación tradicional ha formado estudiantes que comúnmente se encuentran poco motivados y hasta aburridos con su forma de aprender. Se les obliga a memorizar una gran cantidad de información, mucha de la cual se vuelve irrelevante en el mundo exterior, o bien en muy corto tiempo, se presenta en los alumnos el olvido de mucho de lo aprendido y gran parte de lo que logran recordar no puede ser aplicado a los problemas y tareas que se les presenta en el momento de afrontar la realidad. Como consecuencia de una educación pasiva y centrada en la memoria, muchos alumnos presentan incluso dificultad para razonar de manera eficaz y al egresar de la escuela, en muchos casos, presentan dificultades para asumir las responsabilidades correspondientes a la especialidad de sus estudios y al puesto que ocupan, de igual forma se puede observar en ellos la dificultad para realizar tareas de manera colaborativa (ITESM, 2004).

Lo anterior expuesto es aún vigente en muchas escuelas de diversos niveles, por lo que un grupo de educadores médicos de McMaster (Canadá) planteó a finales de los años sesentas y principios de los setentas, una nueva metodología basada en problemas ficticios o reales (Morales, 2004).

En esta metodología de enseñanza “el problema” representa el desafío que los estudiantes enfrentarán en la práctica y proporciona la relevancia y la motivación para el aprendizaje. Con el propósito de entender el problema, los estudiantes identifican lo que ellos tendrán que aprender de las ciencias básicas. El problema, es el foco para integrar información de muchas disciplinas.

Pero ¿qué es un problema? En la cultura investigativa, problema puede ser muchas cosas: Comprender un fenómeno complejo es un problema; resolver una incógnita, una situación, para las cuales no se conocen caminos directos e inmediatos, es un problema; encontrar una forma mejor de hacer algo es un problema, hacer una pregunta o plantearse una pregunta es un problema (Restrepo, 2005).

Para plantearse un buen problema se parte de la elaboración de una pregunta, al resolver la pregunta se han generado conceptos, principios, teorías y leyes, las cuales son el resultado de muchas preguntas, de problemas resueltos y de problemas sin resolver, que fueron y son enigmas, los cuales son aprendidos en las clases de ciencias (Chamizo, 2007). De ahí la importancia de que los alumnos aprendan a preguntar.

Otra aplicación de las preguntas es la usada en el salón de clase, donde a través de ellas se evalúa el conocimiento adquirido de los estudiantes, sus conocimientos previos o sus avances durante el curso (Mendoza, 2007).

En la literatura especializada en educación encontramos otras estrategias donde son utilizadas las preguntas. Por ejemplo, detener la clase unos minutos antes de que termine, pedir que se escribiera en una hoja de papel lo más interesante de la clase y una pregunta del tema en uno o dos renglones (Harwood, 1996). Esto permite una rápida retroalimentación de la clase, en la siguiente clase el profesor escoge una o varias preguntas que contesta, aclarando el tema.

Otra estrategia es la de Zoller, que utiliza un examen al revés, aquí los alumnos construyen la pregunta sobre un determinado tema y examina al profesor oralmente, las preguntas adquieren mayor puntaje mientras más complejas sean para responder por el profesor (Chamizo, 2000).

La construcción de preguntas permite también reconocer la comprensión de un determinado material (escrito, audiovisual o experimental). Por todo lo anterior podemos decir, que al hacer preguntas los alumnos desarrollan la capacidad de análisis, comprensión, desarrollan una mentalidad crítica entre otras habilidades.

Pero la realidad es que los alumnos no saben preguntar. En la literatura encontramos dos trabajos donde se expone que los alumnos universitarios no saben hacer preguntas con base en un artículo científico, las preguntas que elaboraban son preguntas textuales, las cuales se contestan con el propio artículo o son preguntas en las cuales no entienden el significado de una palabra del texto (Córdova, 2007; Mazzitelli, 2009).

Actualmente se hace hincapié que el alumno debe desarrollar un pensamiento crítico, específicamente en el programa de Química de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP 1996, página 2), el cual tiene como propósito general: “ayudar al alumno a adquirir una cultura científica que le permita desarrollar su capacidad de analizar la información de manera crítica; aplicar sus conocimientos; comunicarse en forma oral y escrita; así como desarrollar una conciencia crítica y responsable de las repercusiones de la ciencia y la tecnología en la vida actual”. El mismo programa marca algunas estrategias didácticas para el cumplimiento de tal propósito, pero la investigación de Córdova (2007) indica que este propósito no se ha cumplido.

Si el preguntar está incluido en metodologías como el aprendizaje basado en problemas (ABP), estrategias de evaluación, estrategias de retroalimentación, ¿por qué no enseñar a los estudiantes a elaborar preguntas? Si al preguntar, los alumnos pueden desarrollar las

capacidades de análisis, generar una investigación, hacer una retroalimentación, entonces se desarrollaría su pensamiento crítico.

En este trabajo se diseñó una secuencia didáctica para realizar con ella una intervención con alumnos de química de quinto año de la Escuela Nacional Preparatoria; con ella se busca desarrollar el pensamiento crítico de los alumnos a través de la elaboración de preguntas abiertas que les permita analizar la información, hechos experimentales u observación directa de algunos fenómenos naturales que están en su entorno.

2. ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

2.1 La educación

En un país globalizado como el nuestro, las exigencias educativas son cada día mayores, por lo que los profesionales de la educación han planteado diferentes formas de mejorar la enseñanza. Las instituciones de educación superior públicas en México enfrentan actualmente el reto de participar en procesos permanentes de innovación, resultado de la dinámica constante de los avances científicos y tecnológicos, que ha llevado al replanteamiento de nuevos paradigmas educativos (Márquez, 2008).

2.1.1 La educación en las áreas de las ciencias

Hoy en día, el principal problema de la enseñanza-aprendizaje en las áreas de las ciencia es la falta de interés de los estudiantes, problema cuya solución requiere una especial y vigorosa atención a los aspectos actitudinales, afectivos y emocionales del currículum de las ciencias (Fensham, 2004).

Uno de los factores que ha contribuido al problema de la enseñanza en las áreas de las ciencias es que sólo un pequeño grupo de estudiantes seguirá carreras de ciencias y se sigue enseñando para esa minoría, olvidándose de la mayoría de los alumnos, a los cuales se les condena a aburrirse, perder el tiempo y en consecuencia, acaban siendo analfabetos científicos y lo que es peor terminan odiando a las ciencias (Vázquez, 2006).

Uno de los objetivos de la educación preuniversitaria es el de promover que los niños y jóvenes se interesen en estudiar una carrera relacionada con las ciencias o la tecnología. Ya que un gran

número de la población mexicana es joven; sin embargo, este objetivo de interesar a los jóvenes a estudiar una carrera científica está muy lejos de cumplirse.

Las razones porque los jóvenes no estudian una carrera científica son muy complejas; sin embargo parece existir una relación entre la actitud y la manera en que se enseñan las ciencias.

Algunas de estas razones son:

- 1) Los programas sobrecargados de contenidos y conocimientos enciclopédicos.
- 2) Contenidos abstractos, difíciles y aburridos.
- 3) Conocimientos empíricos sin utilidad práctica.

En cambio, la UNESCO en 1999 menciona que la enseñanza en ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esta educación científica y tecnológica, los estudiantes deberán aprender a resolver problemas concretos y atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos. Es importante la educación en ciencias porque contribuye a hacer ciudadanos críticos y responsables (Pedrinaci, 2009; Vázquez, 2006).

Los profesionales de las ciencias y la educación en los últimos años han tratado de que esta visión cambie, por lo que se han hecho propuestas de muchos tipos desde; la creación de nuevos programas con diferentes enfoques, desarrollar nuevas estrategias, hasta que den como resultado una nueva imagen de las ciencias (Campanario, 1999).

2.1.2 La educación en ciencias en México

Los datos de la prueba PISA realizada en 2006 muestran una situación difícil para México, ya que miden el dominio de los alumnos de secundaria con respecto a contenidos específicos dentro del área de las ciencias; además, miden la capacidad de los alumnos para identificar cuestiones científicas, explicar fenómenos de manera científica y utilizar pruebas científicas al encontrarse, interpretar y resolver problemas y tomar decisiones en situaciones de la vida real que tienen que ver con las ciencias y las tecnologías (León, 2009).

México está entre los 10 países con puntuación más baja, de 57 países evaluados. Los jóvenes de 15 años demostraron no tener el criterio que les permite participar en situaciones de la vida real relacionadas con las ciencias y las tecnologías.

Por otro, lado muy pocos jóvenes mexicanos estudian una carrera científica. En 2006 sólo el 0.36% de la población entre 18 y 23 años estaba estudiando una licenciatura en el área de ciencias naturales y exactas; el 1.77% estudiaba alguna carrera en el área de ciencias de la salud, el 6.5 % en el área de ingeniería y el 11.57% en el área social y otras. El 80.8% no estudiaba (León, 2009).

Lo anterior es consecuencia de la escasa motivación e interés vocacional de los estudiantes por dichas disciplinas científicas y tecnológicas (Córdova, 2005). El desinterés por el estudio y el ejercicio profesional de dichas disciplinas, que son consideradas difíciles, inútiles, desvinculadas y sin remuneración adecuada para el ritmo y nivel de vida actual, es originado cuando al compararse con los ingresos de cualquier futbolista o diputado llegan a ser 10 veces mayor a los de un investigador (Córdova, 2005).

La química no está fuera del contexto antes descrito; al contrario es una de las materias que no es bien vista por los alumnos ya que consideran que es irrelevante para la vida diaria, aburrida de estudiar y difícil de aprender (Vázquez, 2006).

2.1.3 La educación media superior en México

La participación de México en un mundo globalizado guarda estrecha relación con una educación media superior en expansión, la cual debe preparar a un mayor número de jóvenes y dotarles de las condiciones que el marco internacional exige. La educación media superior debe contribuir a su crecimiento como individuos a través del desarrollo de habilidades y actitudes que les permitan desempeñarse adecuadamente como miembros de la sociedad. Implica un esfuerzo y una inversión que los estudiantes valorarán mejor en la medida en que sus estudios sean significativos para sus aspiraciones como jóvenes (Villa, 2000).

En México, la educación en el nivel medio superior está compuesta por una serie de subsistemas que operan de manera independiente, sin correspondencia, desarticulados y sin que exista suficiente comunicación entre ellos (Villa, 2000). Existen dos tipos en este nivel: el bachillerato y la educación tecnológica. El bachillerato tiene dos modalidades el propedéutico o general y el tecnológico o bivalente y la educación tecnológica es la que se conoce como la educación técnico-profesional.

La educación media superior en el país está desvinculada, en el 2002 la Secretaría de Educación Pública crea la Coordinación General de Educación Media Superior, que tenía como función diseñar programas, coordinar políticas, impulsar reformas educativas, pero desafortunadamente ésta sólo existió en el papel (Canales 2003), ya que para en el 2005 se

suprimió y sus funciones se transfirieron a la Subsecretaría de Educación Media Superior que es un órgano dependiente de la Secretaría de Educación Pública, responsable del establecimiento de normas y políticas para la planeación, organización y evaluación académica y administrativa de la Educación Media Superior.

La Universidad Nacional Autónoma de México, tiene tres subsistemas de educación media superior que son: la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), y el bachillerato a distancia.

La Escuela Nacional Preparatoria tiene el compromiso y la obligación de responder satisfactoriamente a los retos y demandas de la universidad y de la sociedad en su conjunto, y con ello continuar siendo el modelo educativo del bachillerato mexicano.

El Colegio de Ciencias y Humanidades presenta una educación activa y, en buena medida, autodidacta, pues el alumno participa en forma decidida y comprometida en su proceso de formación (SEMS, 2008).

El bachillerato a distancia, que se creó para migrantes hispanoparlantes en Estados Unidos y Canadá, en los que se imparte educación a nivel bachillerato, está concebido con base en competencias. Su programa se desarrolla en torno a asignaturas multidisciplinarias que ayudan a los estudiantes a adquirir habilidades de autoestudio y capacidad de reflexión, entre otras.

En 2006 la UNAM elabora un documento para todos los estudiantes que cursen educación media superior, independientemente del sistema educativo.

Para este efecto se preparó y discutió el documento de trabajo titulado Núcleos de conocimiento y formación básica, el documento parte de una serie de habilidades, conocimientos y actitudes y valores que deben adquirir los estudiantes en cada una de las áreas de estudio que contemplan sus programas (Castillejos, 2006).

Se organizan en niveles de complejidad, que van de lo general a lo particular. Este documento se refiere a lo esencial, aquello que los alumnos que cursen los programas de bachillerato de la UNAM no pueden dejar de aprender, tiene la misión de servir como base para la adquisición de nuevos conocimientos en el marco de una serie de competencias para la vida.

El documento se concentra en trece áreas, algunas de las cuales son de claro carácter disciplinar, como Física, Química y Filosofía, y otras se refieren más específicamente a habilidades y actitudes, como Investigación Experimental, Formación para la Salud y Formación Ciudadana (SEMS, 2008).

En 2006, el bachillerato de la Universidad como conjunto retomó esfuerzos anteriores mediante un programa conducente a replantear los contenidos temáticos de las disciplinas, de manera que estén alineados con los avances más recientes en las distintas áreas del conocimiento, sean pertinentes y puedan integrarse en experiencias de aprendizaje interdisciplinarias.

Este trabajo fue realizado por grupos de expertos de la UNAM, quienes han trabajado también en el desarrollo de materiales didácticos, entre los que destaca la colección de libros de texto Conocimientos Fundamentales y las herramientas multimedia que la acompañan. Estos materiales están diseñados para usarse tanto en el CCH como en la ENP (Castillejos, 2006).

El aspecto más notable del proyecto de la UNAM, implementado tras un amplio trabajo de deliberación y concertación entre diversos actores de esta institución, es que no busca

uniformar los planes de estudio del CCH y la ENP. Por el contrario, cada una de estas opciones educativas preserva su identidad, definida por su historia y su inserción social, pero se asegura de que los alumnos adquieran una serie de conocimientos y habilidades que se consideran necesarios para su futuro desempeño (SEMS, 2008).

3. MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

3.1 Modelos didácticos en las áreas de las ciencias

En la enseñanza de las ciencias tiene, que ver con el reconocimiento del fenómeno, el cómo, para qué y el qué, para poder cubrir estos aspectos, se han desarrollado diferentes modelos didácticos, los cuales han removido todas las áreas del conocimiento, lo cual nos permite visualizar una panorámica mucho más amplia, articulado con los nuevos planteamientos y exigencias del medio social, cultural e histórico de los estudiantes por lo que a continuación se mencionaran algunos de ellos.

3.1.1 Aprendizaje basado en problemas (ABP)

Este modelo fue propuesto inicialmente en la universidad de Mc Master, Canadá, en la facultad de Medicina, actualmente, muchas universidades han adoptado este modelo de enseñanza. Éste se centra en el aprendizaje del estudiante, promoviendo que sea significativo, además desarrolla una serie de competencias. El proceso se lleva a cabo en grupos pequeños, que aprenden de manera colaborativa en la búsqueda de resolver un problema inicial, complejo y retador (Morales, 2004).

El ABP se basa en situaciones problemáticas complejas y significativas; se desarrollan habilidades metacognitivas y aprendizajes colaborativos de tal manera que los estudiantes puedan confrontar entre ellos sus conocimientos y planteamientos.

El ABP se sustenta en diferentes corrientes teóricas sobre aprendizaje, pero su postura principal es la constructivista. De acuerdo a esta postura se puede resaltar tres aspectos básicos que son:

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

El ABP incluye el desarrollo del pensamiento crítico en el mismo proceso de enseñanza-aprendizaje, no lo incorpora como algo adicional sino que es parte del mismo proceso (Pérez, 2010).

Para la aplicación de este modelo se debe considerar un escenario adecuado donde se genere o sitúe el problema, el cual permita involucrarse a los estudiantes, esto llevará a un mayor compromiso, en la medida que sea un reto para ellos (Romero, 2008; Córdova, 2005).

Las características de un escenario para el ABP de acuerdo con Romero son:

- 1) Tomar en cuenta los contenidos del programa.
- 2) Estar relacionado con el mundo real.
- 3) Contener preguntas Abiertas
- 4) Puede incluir algunos distractores.
- 5) Provocar discusiones.
- 6) Permitir la posibilidad de hacer juicios

7) Considera y permite el trabajo cooperativo.

Como ya se indicó anteriormente, el ABP es un modelo que se basa en la resolución de un problema planteado por el profesor a sus alumnos. Estos problemas que muchas veces plantea el profesor de nada ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades que los ayuden a resolver problemas de la vida cotidiana. Ya que los problemas de la vida diaria presentan una variedad de metas cambiantes, contextos, contenidos, obstáculos e incógnitas diferentes (Romero, 2008).

Para promover en los alumnos la habilidad de confrontar situaciones ambiguas y no definidas, tan comunes en la vida diaria, es requisito que practique la solución de problemas no estructurados que muestren situaciones más allá del salón de clases. El problema que presenta el escenario debe ser complicado para los alumnos, aparentemente desordenado y abierto a varias soluciones, para establecer la necesidad en los alumnos de entender los conceptos esenciales del curso en el tema que aborda el problema. Además el problema debe captar el interés del alumno y motivar, para poder resolver el problema (Romero, 2008).

Varios autores indican que el ABP debe partir de un problema y para que exista un problema debe de cumplir con:

- Una pregunta o cuestionamiento, es decir, algo que no se sabe, algo por resolver.
- Deseo, motivación, interés en la resolución.
- Un reto, de forma que la estrategia de solución no resulte evidente.

Los problemas para aprender deben ser problemas auténticos, con preguntas auténticas que sean relevantes para los alumnos en el contexto del aprendizaje (Pérez, 2010).

3.1.2 Secuencias didácticas

Una secuencia didáctica es una propuesta flexible que pueda adaptarse a la realidad concreta a la que intenta servir, de manera que sea susceptible a un cierto grado de estructuración del proceso de enseñanza aprendizaje, con objeto de evitar la improvisación constante y la dispersión, mediante un proceso reflexivo en el que participan los estudiantes, los profesores, los contenidos de las asignaturas y el contexto. Es, además, una herramienta que permite analizar e investigar la práctica educativa (Obaya, 2007).

Permite organizar, jerarquizar y secuenciar los contenidos escolares así como las actividades relativas al proceso completo de enseñanza aprendizaje. El docente debe considerar también tiempos reales, recursos materiales, cantidad de alumnos, conocimientos previos y otras variables contextuales.

La secuencia didáctica debe inculcar actividades y habilidades cognitivas para fomentar la representación de la propia experiencia y el conocimiento tanto en la escuela como en las demás vivencias estudiantiles.

Algunas consideraciones e instrumentos a tener en cuenta en el diseño, desarrollo y evaluación de la secuencia didáctica son:

- 1) Justificación. En esta parte es donde se deben contestar preguntas como ¿por qué es importante esta secuencia didáctica?, ¿Para qué les puede servir a los alumnos?, ¿es posible ser tratada desde el marco didáctico y educativo?
- 2) Información. En esta parte es donde, se determinan las ideas previas de los alumnos y la investigación bibliográfica del tema.
- 3) Articulación. Aquí es donde se planea la pertinencia, nivel de profundidad, organización y correlación de ideas, las actividades y acciones.
- 4) Recursos y materiales curriculares. En esta parte se visualizan los materiales que se tienen y se puedan usar, se seleccionan, se buscan o se elaboran.
- 5) Organización. En esta parte se toman en cuenta los espacios disponibles y el tiempo que se dispone.
- 6) Investigación con base en situaciones problemáticas. En esta parte se hace la investigación con principios didácticos: la adecuación, la validez, la pertinencia, se revisan las dificultades encontradas.
- 7) Evaluación. Es la parte donde se regula el proceso para mejorarlo y adaptarlo a las peculiaridades encontradas. Además, se elaboran procesos para determinar ¿qué evaluar? ¿cuándo se evaluará? ¿con qué instrumento se evaluará? (Obaya, 2007).

En las secuencias didácticas son empleadas una o varias estrategias didácticas para el cumplimiento del o de los propósitos. Entendiéndose como “la estrategia didáctica el procedimiento que se instrumenta y se lleva a cabo para lograr algún propósito, plan, fin o

meta, aplicado al aprendizaje”. El término “estrategia” se relaciona con términos como táctica, destreza, estilo, orientación y proceso (Mayor, 1995).

La estrategia didáctica, hace referencia a operaciones o actividades que facilitan y desarrollan los diversos procesos del aprendizaje escolar. Gracias a ellas, se puede llevar a cabo la organización, procesamiento y retención de aquella información que se quiere potenciar, y como tal favorece la construcción de un aprendizaje significativo (Romero, 2009).

Las estrategias deben entenderse como el conjunto de actividades empleadas por el individuo, en una situación particular de aprendizaje, para facilitar la adquisición de conocimiento. Algunos autores consideran la estrategia como un conjunto de procesos o pasos que pueden facilitar la adquisición, almacenamiento y/o utilización de la información, distinguiendo entre estrategia primarias las que operan sobre el material de texto.

Por otro lado, la estrategia debe ser lo suficientemente motivadora como para enganchar a los alumnos que por sí solos no estarían dispuestos a aprender nada. Las estrategias deben estar dirigidas a cada uno de los alumnos en particular, puesto que no todos los alumnos a los que nos dirigimos piensan de la misma forma y tienen la misma capacidad de aprendizaje (Romero, 2009; Míguez, 2005).

En el presente trabajo se utilizarán diversas estrategias, como son experimentos, visitas a un lugar donde existe problemas graves de contaminación, elaboración de cartel; que a su vez serán evaluados.

Como ya se menciona anteriormente hay varios modelos a seguir para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. El ABP es un modelo que actualmente es empleado en muchas universidades, este modelo parte del planteamiento de un problema a través de una pregunta de investigación, que es elaborada por el profesor.

Por otro lado en la literatura sobre el tema nos indica que el problema debe ser lo suficientemente atractivo para captar la atención y al mismo tiempo motivar al alumno. Brunnigy (1995) propone varias estrategias de enseñanza que son útiles para desarrollar la metacognición: motivar a los estudiantes e involucrarse profundamente en el proceso; enfocarse en la comprensión, promover la elaboración de algunas ideas, ayuda a los estudiantes a plantearse preguntas que puedan ellos mismos responder durante la resolución del problema (citado por Morales, 2004).

Para Gaston Bachelard, el problema en ciencias es la piedra angular ya que si no hay problema no hay avance en las ciencias, en sus propias palabras dice: “Es necesario formular problemas. Y digan lo que digan, en la vida científica los problemas no se formulan de modo espontáneo. Es justamente ese sentido del problema que caracteriza el verdadero espíritu científico, todo conocimiento es respuesta a una *pregunta*. Si no existe alguna pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es evidente. Todo es construido” (Bachelard, 1979).

Este trabajo se pregunta si el alumno es capaz de plantearse el mismo un problema que fuera de su interés personal, a través de una pregunta abierta que los llevaría posteriormente a su resolución.

3.2 Las preguntas

Las preguntas han ocupado una posición privilegiada en toda la historia de la educación, desde la época de los filósofos griegos. Fue en la Grecia arcaica y clásica donde el problema dio el génesis para que se desarrollara la filosofía presocrática y en la que la mayéutica emergiera (Ezcurdia, 2006).

La enseñanza Socrática es la estrategia educativa más antigua, y aún hoy es de las más poderosas, para promover el pensamiento crítico. La corriente conocida como mayéutica, tenía como fin emplazar al sujeto a una auto-reflexión para conocerse a sí mismo. La mayéutica no impuso verdades absolutas, sino que, hacia preguntas lógicas, para hacer pensar a sus alumnos, invitaba a un ejercicio de reflexión, se basa en preguntar y cuestionar al alumno a partir de sus propias preguntas y no dar la respuesta, haciendo que los alumnos obtuvieran sus propias respuestas.

El cuestionamiento Socrático es un proceso altamente disciplinario. El interior Socrático actúa como el equivalente lógico de la voz interna crítica que despliega la mente al desarrollar habilidades de pensamiento crítico.

3.2.1. La importancia de las preguntas en educación

Las preguntas definen las tareas, expresan problemas y delimitan asuntos; impulsan el pensar hacia adelante. Una mente sin preguntas es una mente que no está viva intelectualmente, el no hacer preguntas equivale a no comprender. Las preguntas que no son claras equivalen a comprensión que no es clara. Si su mente no genera preguntas activamente, no está

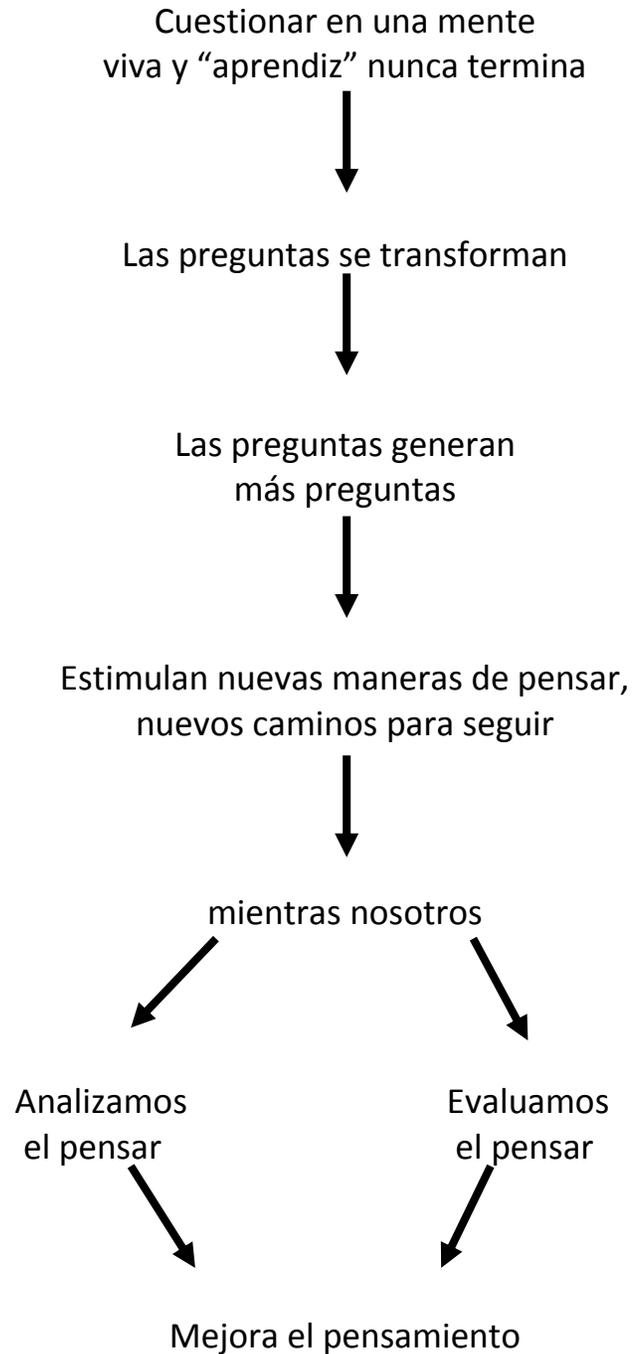
involucrada en su aprendizaje sustancial, por otra lado las contestaciones a menudo indican una pausa en el pensar (Elder, 2002).

Las preguntas son un elemento común en muchas estrategias y técnicas de enseñanza, es precisamente la formulación de preguntas, tanto por parte del maestro como de los alumnos lo que da pauta a una posible discusión. Estas deben de ser claras y tener una adecuada estructura que den sentido a los diversos planteamientos y problemas (Mendoza, 2007).

La formulación de preguntas es un proceso cognitivo fundamental. Un sujeto ideal inquisitivo es una persona activa, automotivada, crítica, creativa, indagadora, que hace preguntas profundas y busca dar las respuestas a las mismas (Otero, 2001). Este autor afirma que la mayoría de los estudiantes no son inquisidores activos y que en el ámbito de la escuela no se promueve actividades para que formulen buenas preguntas. En general, los estudiantes hacen pocas preguntas y de poca profundidad (Otero, 2001; Elder, 2002).

Elder (2002) propone que de acuerdo a la “calidad de nuestros pensamientos, está en la calidad de nuestras preguntas” ya que las preguntas son la máquina, la fuerza que impulsa el pensamiento, sin las preguntas no tenemos en qué pensar. En el esquema 1, se indica cómo es que las preguntas generan varios procesos.

Plantear preguntas no es una labor sencilla, es necesario estudiar previamente los tipos de preguntas, sus aplicaciones, la manera de formularlas, etc., y sobre todo practicar para ejercitarse en este arte (Mendoza, 2007).



Esquema 1. Las preguntas como generadoras de diversos procesos (tomada de Elder ,2007)

Por otra parte la pregunta desempeña un papel importante en todas las técnicas, estrategias y dinámicas grupales. De acuerdo con esta idea, la pregunta sí constituye un medio educativo y, como tal, tiene una serie de rasgos como versatilidad, riqueza y aplicabilidad (Mendoza, 2007).

El uso de las preguntas en la educación a lo largo de la historia resulta inobjetable. El papel que el interrogatorio ha tenido en las diferentes épocas ha variado de acuerdo con las condiciones pedagógicas vigentes, pese a que las preguntas constituyen un vínculo importante de interacción y comunicación profesor-alumno.

Así mismo, la educación tradicional, en la que prevalece el verbalismo, la memorización, la rigidez en las relaciones interpersonales y el magistrocentrismo, las preguntas están matizadas por la repetición mecánica de respuestas, el formalismo y el control que ejerce el profesor sobre el alumno.

Con el advenimiento de las teorías cognitivas hay un rompimiento con el modelo tradicionalista y, desde luego con el uso que se le da a las preguntas. En el constructivismo el alumno deja de ser un ente pasivo, la reflexión crítica suple a la memorización, se trabaja en un clima de libertad y apertura y el alumno se convierte en el eje de toda actividad, pues él se encarga de aprender por su cuenta.

En el trabajo constructivista las preguntas están orientadas a formar parte del pensamiento superior y a lograr que los propios alumnos se apropien de la reflexión sobre los temas aprendidos y que elaboren sus propias preguntas a lo que llama Piaget metacognición (Mendoza, 2007).

Córdova (2007) dice que los alumnos pueden hacer preguntas cuando relacionan los ámbitos cotidianos con los académicos, la correlación se logra cuando el problema se visualiza y verbaliza (escribe), dando como resultado una pregunta.

Eltgeest (1985) propone una estrategia llamada “preguntas productivas” el propósito de esta estrategia es dirigir el pensamiento de los estudiantes, esto le da la posibilidad al maestro para proveerle a los alumnos el camino para la construcción de su propio conocimiento. Proponen seis tipos de cuestionamiento para enfocar la atención, para medir y contar, para comparar, para provocar la acción, para la propuesta de problemas y para el razonamiento. Llevan al maestro a conocer a dónde se encuentran los alumnos y así proveer el tipo de soporte necesario en un momento dado. El uso de preguntas transforma el papel de profesor en monitor y facilitador para que los estudiantes se involucren activa y responsablemente en su propio aprendizaje (Citado por Martens, 1999). Un ejemplo del uso de preguntas en estrategias es en la resolución de problemas a partir de preguntas que estimulan y promuevan el interés por parte del alumno (Bodner, 2003).

Sin embargo existen pocas investigaciones y/o materiales impresos en torno al desarrollo de la habilidad para plantear eficazmente las preguntas orientadas que proporcionen las capacidades de análisis y síntesis; las formuladas por los alumnos que les permita iniciar y conducir el proceso de resolución de un problema.

Con los antecedentes antes mencionados, podemos decir que no es fácil elaborar una pregunta que nos lleve a un conocimiento, por lo que Córdova (2005) sugiere que primero capacitemos al alumno para tener buenos resultados y para que esto ocurra, el profesor debe de plantear situaciones lo más real posible en el contexto de los alumnos (Córdova, 2005).

3.2.2 Clasificación de las preguntas

Antes de clasificar a las preguntas, empezaremos con la definición de estas. En la literatura encontramos diversas definiciones a continuación se mencionan algunas:

- Según la Real Academia Española: Una pregunta es una demanda o interrogación que se hace para que alguien responda lo que sabe de un negocio u otra cosa.
- Las preguntas específicas constituyen la espina dorsal de una metodología para la resolución de un problema académico en el estudio de las ciencias e ingenierías (Himmelblau, 1996).
- La pregunta puede ser el hilo para la aplicación del método científico durante una investigación en ciencias exactas (Robinson, 2004).
- Las diferentes metodologías y estrategias para el estudio y auto aprendizaje recomiendan el planteamiento de preguntas para la identificación y aprendizaje de lo sustantivo a partir de una lectura de textos (Carman, 2002).

En la búsqueda de los tipos de preguntas encontramos varios criterios, en donde observamos que se pueden clasificar en: la manera de estructurar la pregunta, la respuesta esperada, la intención de la pregunta, entre otras, en este sentido varios autores clasifican a la pregunta con diferentes criterios, a continuación mencionaremos algunos de estos criterios:

Las preguntas concretan los problemas (Chamizo, 2007) y, por ello, aprender a preguntar es una competencia. Por ejemplo, la pregunta que genera una investigación es uno de los primeros pasos metodológicos que un investigador debe llevar a cabo cuando emprende una

investigación. La pregunta de investigación debe ser formulada de manera precisa y clara; puede ser una afirmación o una interrogación acerca de un fenómeno, de tal forma que de ésta se desprendan los métodos, procedimientos e instrumentos de la investigación.

Preguntar requiere del que lo hace, movilizar conocimientos y habilidades por lo que también de las preguntas que los alumnos hagan o construyan, se puede reconocer la profundidad de su saber (Chamizo, 2007).

1) Chamizo (2007) clasifica a las preguntas en “abiertas, cerradas y semicerradas” de acuerdo con la respuesta esperada y su palabra generadora.

➤ La pregunta cerrada generalmente se contesta con una o dos palabras y la respuesta está en una determinada página de un libro o un cuaderno de apuntes y normalmente la pregunta empieza por las palabras: qué, cuándo o dónde.

➤ La pregunta abierta generalmente requiere, para ser contestada, al menos un párrafo. La respuesta no se encuentra en un solo libro y la pregunta generalmente empieza por las palabras: por qué o qué pasaría sí.

➤ La pregunta semicerrada generalmente requiere una o dos oraciones para ser contestada. La respuesta no está en un lugar determinado de un libro o de un cuaderno de apuntes y generalmente empieza por la palabra cómo.

2) Córdova (2007) dice que el elemento clave para identificar un problema y quizá resolverlo son las preguntas. Las preguntas llevan al binomio verbalizar-visualizar. En este sentido, el andamiaje conceptual es lo que permite contextualizar y relacionar las

nuevas experiencias con las ideas que ya se tienen. La formulación de preguntas permitirá relacionar los ámbitos académicos y cotidianos.

Córdova (2007) clasifica a las preguntas en “inductivas y no inductivas”, de acuerdo al tipo de respuesta que se esperan.

- Las preguntas inductivas son preguntas que su respuesta involucra varias disciplinas, remiten al análisis y procesamiento de datos.
- Las preguntas no inductivas son preguntas que tienen una respuesta obvia o corta (si/no), carecen de relaciones, cuya respuesta está en la misma narración, que interrogan si lo planteado en el texto es cierto o son preguntas semánticas.

3) Mendoza (2007) clasifica a las preguntas en varios rubros de acuerdo a la cantidad de información, al destinatario, a la complejidad de las respuestas, al proceso de enseñanza-aprendizaje. Para los fines de este trabajo solo mencionaremos las preguntas de baja y alta categoría

Las preguntas “baja y alta categoría”, las clasifica de acuerdo a la complejidad de la respuesta esperada.

- Las preguntas de baja categoría evocan a hechos, conceptos, generalizaciones, exigen respuestas memorísticas o repetitivas.
- Las preguntas de alta categoría requieren un esfuerzo, una elaboración mental, apelan a la organización de ideas, de conceptos, de hechos y al establecimiento de relaciones entre los mismos.

4) Hofstein (2005) clasifica a las preguntas de “alto y bajo nivel”, de acuerdo a los hechos y a sus respuestas.

➤ Las preguntas de bajo nivel están relacionadas con los hechos y las explicaciones de los fenómenos que se observaron en el experimento realizado por los estudiantes (preguntas textuales) las respuestas a estas preguntas pueden ser de una sola palabra, declaración, o una explicación, las respuestas pueden encontrarse en el texto.

➤ Las preguntas de alto nivel son cuestiones que solo se pueden responder por una investigación, con la realización de otro experimento o en busca de más información en la literatura. Estas preguntas son más complicadas, y el estudiante tiene que pensar de manera crítica acerca de la investigación para ser capaz de plantear una posible investigación.

5) Mazzitelli (2009) clasifica a las preguntas, de acuerdo a su redacción en “textuales y no textuales”.

➤ Las preguntas textuales se formulan utilizando palabras o frases extraídas directamente del texto.

➤ Las preguntas no textuales son aquellas que se formulan utilizando palabras o frases que no figuran explícitamente en el texto.

6) Vidal (2000) clasifica a las preguntas, según la información solicitada y el texto base donde surge la pregunta en “literales e inferenciales”.

- Las preguntas literales, solicitan información que se encuentra explícitamente en la base del texto.
 - Las preguntas inferenciales solicitan información que no se encuentra explícitamente en la base del texto, si no que requiere relacionar la información del texto con los conocimientos propios del lector o de otros textos.
- 7) Graesser (1992) clasifica a las preguntas de acuerdo a la longitud de su respuesta, en “respuesta corta y respuesta larga”.
- Las preguntas de respuesta corta requiere normalmente, conocer alguna palabra o concepto y el significado de esto. Incluye las categorías de verificación, especificar aspectos, cuantificación, complementar conceptos.
 - Las preguntas de respuesta larga busca mayor información que las anteriores. Pueden ser definiciones, antecedentes y consecuente causal, instrumental-procedimental, orientación al objetivo.

3.2.3 El Contexto de las preguntas

Para poder definir y caracterizar a las preguntas se hizo una investigación bibliográfica donde se encontró que, para elaborar buenas preguntas (Córdova, 2007; Mendoza 2007) estas deben ser:

- **Claros.** Debe plantearse de manera coherente con lo que se quiere preguntar, las preguntas tienen que llevar un orden de ideas para que todos sepan lo que se quiere preguntar.

- **Contextualizadas.** Las preguntas debe tener contexto, es decir contener indicadores implícitos y explícitos que definan el contexto, este puede ser histórico, cotidiano, científico, etc., por ejemplo ¿Qué procedimiento sería adecuado?, esta pregunta esta elaborada sin contexto, en cambio la misma pregunta con contexto quedaría de la siguiente manera. Se requiere obtener cloro en grandes cantidades y de alto grado de pureza ¿qué procedimiento sería adecuado para obtenerlo?

Antes de seguir adelante definiremos la palabra “contexto”, (Gilbert, 2006) su significado proviene *contexere* en latin que significa tejer juntos, la palabra expresa coherencia o relación, por lo que el contexto describe circunstancia, da sentido a las palabras o frases. Un contexto deberá proporcionar un significado estructural coherente de algo nuevo, se establece dentro de una perspectiva más amplia.

El contexto en educación tiene cuatro atributos que son:

- 1) Ajuste, el marco social, espacial y temporal dentro del cual se sitúa el evento focal.
- 2) Entorno, la forma de abordar la tareas, relacionadas con los eventos focales, qué hacer con los eventos focales.
- 3) Uso de un lenguaje específico, la charla asociado con el evento focal que se realiza.
- 4) Relación con conocimientos de extra o anteriores.

También podemos entender como contexto a una fotografía, a el uso de un diagrama, un modelo animado que puede crear algo de lo que se pueda hablar, a esto es a lo que se le llama un evento focal el cual recibe atención de primer plano, entonces un contexto es un evento focal incrustado en su entorno cultural.

Estos atributos pueden aclararse con la ayuda de un ejemplo utilizado en educación química: El evento focal es el calentamiento global.

- Atributo 1: ¿dónde, cuándo, cómo es el evento focal? El evento focal es el fenómeno general del calentamiento global, manifiesto en todo el mundo de diferentes maneras.
- Atributo 2: ¿Qué hacen las personas en esta situación?, ¿qué acciones toman? Se discuten las diversas medidas para reducir la producción de gases pertinentes, ¿cómo son las medidas para eliminar los gases que ya existen en la atmósfera?
- Atributo 3: Se discuten las estructuras moleculares de los gases, con un énfasis particular encaminado a observar los efectos.
- Atributo 4: El conocimiento de los antecedentes, se requiere la necesidad de una educación general sobre conversión de energía y estructura molecular (Gilbert, 2006).

4. JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

El nuevo milenio está asociado con un profundo proceso de transformación social. La sociedad del conocimiento se ha vuelto el recurso más valioso en la promoción de oportunidades y el motor del desarrollo económico y social en el mundo contemporáneo.

Por estas razones es importante preparar a los niños y jóvenes en las diversas disciplinas humanísticas, científicas y tecnológicas, ya que de ello dependerá su acceso a las distintas oportunidades, así como al desarrollo social.

Los resultados de diversos estudios (Cordova 2007; Mazzitelli, 2009) indican que los alumnos de licenciatura no están lo suficientemente preparados para los retos de la vida académica.

Por otro parte, uno de los objetivos de la Escuela Nacional Preparatoria es darles a los estudiantes una cultura general y prepararlos para una vida académica exitosa, objetivo que no se cumple totalmente. Por esta razón, en el presente trabajo se pretende orientar al alumno a desarrollar un pensamiento reflexivo, crítico, responsable con la sociedad y su medio ambiente.

Para llevarlo a cabo, se realizó una secuencia didáctica, que tuvo como eje rector la formulación de preguntas abiertas. Para esto se clasificó a las preguntas en abiertas y cerradas. Cabe mencionar que en la literatura encontramos varias clasificaciones que no se apegan a nuestros objetivos, por lo cual en este trabajo se propone una nueva clasificación.

Como dijo Mendoza (2007), la elaboración de preguntas es un arte que se tiene que refinar con el tiempo, para ello hay que capacitar al alumno, no sólo en las ciencias, sino en la economía,

política, artes, literatura, etc. lo cual podrá aplicar a todas las áreas del conocimiento y en su vida cotidiana.

La elaboración de preguntas abiertas hará de nuestros estudiantes personas más críticas con un pensamiento flexible.

5. OBJETIVOS

OBJETIVOS

En los antecedentes se planteó que los alumnos no saben hacer preguntas (Cordova, 2007; Mazzitelli, 2009) a partir de un texto científico, o de la observación de un experimento (Hofstein, 2005); para esta tesis se planteó como objetivo general:

- 1) Establecer una nueva definición de la pregunta.
- 2) Diseñar una secuencia didáctica que permita que los alumnos de quinto año de preparatoria aprendan a hacer preguntas abiertas.

Para el cumplimiento de este propósito se contemplaron los siguientes objetivos específicos:

- A. Comparar el tipo de preguntas que hacen los alumnos antes y después de aplicar la secuencia didáctica.
- B. Comparar los resultados con grupos controles y experimentales, antes y después de aplicar la secuencia didáctica.
- C. Confirmar si después de cuatro meses de llevar a cabo la intervención didáctica, los alumnos podían hacer preguntas abiertas.

6. METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

La investigación elaborada en este trabajo es del tipo “Investigación-acción” es el proceso de reflexión por el cual en una área-problema determinada, se desea mejorar la práctica o la comprensión personal. El profesional en el ejercicio lleva a cabo un estudio, en primer lugar, para definir con claridad el problema; en segundo lugar, para especificar un plan de acción que incluye el examen de hipótesis por la aplicación de la acción al problema. Luego se emprende una evaluación para comprobar y establecer la efectividad de la acción tomada. Por último los participantes reflexionan, explican los procesos y comunican estos resultados a la comunidad de investigadores de la acción (McKernan, 2003).

De acuerdo a esta metodología y al objetivo general, se plantearon los siguientes pasos:

6.1 Definición de las preguntas abiertas y cerradas

6.2 Pretest

6.3 Secuencia didáctica

6.4 Postest

6.5 Confirmación del postest

6.1 Definición de las preguntas abiertas y cerradas.

La primera parte de este trabajo consistió en una búsqueda bibliográfica de la clasificación de las preguntas. En esta búsqueda se encontraron con varios criterios, los cuales se describieron dentro del marco teórico, por lo que no se describirán en esta parte. De acuerdo con lo

encontrado en la bibliografía las preguntas se pueden clasificar de acuerdo con lo que se pregunta o la respuesta esperada. Unos autores toman un criterio u otro.

Como en la literatura se encontraron varios criterios, en este trabajo se realizó una nueva clasificación de la pregunta, tomando en cuenta el tipo de información solicitada y la respuesta esperada, la pregunta la clasificamos en abierta y cerrada, esta forma de clasificación es una de las bases de esta investigación.

La clasificación de la pregunta, se presenta en la parte de resultados ya que es una propuesta para clasificar a la pregunta.

Después de definir a las preguntas en abiertas y cerradas, se elaboró una metodología para encaminar a los alumnos a elaborar preguntas abiertas. La metodología planteada para tal fin se aplicó en dos ciclos escolares consecutivos (2009-2010, 2010-2011), en tres diferentes grupos.

Todos los grupos cursan el segundo año de bachillerato en la Escuela Nacional Preparatoria Gabino Barreda, en ambos turnos y sus edades oscilan entre los 16 años y 18 años de edad, en esta investigación intervinieron aproximadamente 259 alumnos de ambos géneros.

6.2 Pretest

De acuerdo a la investigación-acción primero se tendrá que elaborar un análisis del problema para lo cual se realizó un pretest que a continuación se describe cómo se llevó a cabo:

Para la elaboración del pretest en el primer año, se utilizaron dos grupos de contraste (C1 y C2) los cuales eran de diferentes turnos y un grupo experimental (E1), los tres grupos estaban a

cargo del mismo profesor por lo tanto los temas revisados hasta ese momento, eran los mismos.

Para el segundo año, se utilizó sólo un grupo de contraste (C3), ya que vimos que no hubo variación entre los dos grupos de contraste del primer año y se aumentó un grupo, por lo que para el segundo año fueron dos grupos experimentales (E2 y E3), para tener mayor número de alumnos y que fuera más confiable los resultados, los grupos estaban a cargo del mismo profesor.

El pretest consistió en que todo el grupo leyera el artículo “Agua el recurso más valioso” (Guerrero, 2006) y posteriormente se les indicó que elaboraran 5 preguntas relacionadas con el artículo (anexo 1).

Teniendo estas preguntas se clasificaron con el nuevo criterio de pregunta abierta y cerrada, posteriormente se obtuvo el porcentaje por grupo de cada una de ellas.

6.3 Secuencia didáctica

De acuerdo a la investigación después del análisis del problema se realizaron las acciones pertinentes para mejorar, estas acciones que se realizaron en este trabajo, fue a través de una secuencia didáctica, encaminada a que los alumnos desarrollaran la habilidad de elaborar preguntas abiertas. La secuencia didáctica se puso en práctica en los temas de la unidad tres “agua, ¿de dónde, para qué y de quién?” del programa vigente de la Escuela Nacional Preparatoria. En el primer año solo se aplicó al grupo experimental (E1) y en los dos grupos de contrastes (C1 y C2) el profesor siguió con los temas de la unidad de acuerdo a su planeación

personal. En el segundo año, la secuencia didáctica se aplicó a los grupos experimentales (E2 y E3) y a un grupo de contraste, ya que en el primer año no hubo diferencia entre los grupos de contrastes, al grupo de contraste (C3) se maneja igual que en el primer año de experimentación.

Los temas escogidos para desarrollar la secuencia didáctica y las actividades realizadas para estos temas se resumen en el Cuadro 1.

El orden en que se presentaron los temas no es el mismo que en el programa, ya que se modificó para una mejor fluidez de los contenidos de acuerdo a la secuencia didáctica, donde se emplearon varias estrategias didácticas, como: lectura de artículos de divulgación científica, experimentos de cátedra para poner de manifiesto la tensión superficial de agua, la polaridad de agua, visita de campo al lago de Xochimilco (que es un claro ejemplo de contaminación del agua), elaboración de carteles a partir de una pregunta abierta, así como una rúbrica para la evaluación del cartel.

La primera actividad de la secuencia didáctica es la definición y descripción de las características de las preguntas abiertas y cerradas, que son, las que usaremos en todo el trabajo de investigación.

Cuadro 1. Temas en los cuales se apoyó la investigación

Tema	Actividades de los alumnos	Actividades del maestro
<p>3.1.1 Distribución del agua en la tierra.</p> <p>3.1.2 Calidad del agua.</p>	<p>-Lectura del artículo (Agua el recurso más valioso).</p> <p>-Elaboración de 5 preguntas acerca del texto.</p> <p>-Clasificación de sus preguntas.</p> <p>-Discusión grupal del artículo.</p>	<p>-Clasificación de las preguntas de los alumnos en abiertas y cerradas de acuerdo con el criterio antes mencionado (elaboración del pretest).</p> <p>-Dar a conocer los criterios de clasificación a los grupos experimentales.</p> <p>-Guía de la discusión.</p>
<p>3.3.1 Estructura de los líquidos. Modelo cinético molecular de los líquidos.</p> <p>3.3.4 Estructura molecular del agua. Enlace covalente y puentes de hidrógeno.</p>	<p>-Elaboración de una pregunta abierta acerca del fenómeno observado, por equipo.</p>	<p>-Explicación por parte del profesor, de la estructura del agua.</p> <p>-Presentación de una experiencia de cátedra donde se pone de manifiesto la polaridad del agua.</p>

<p>3.1.3 Fuentes de contaminación.</p> <p>3.2.1 Agua para la agricultura, la industria y la comunidad.</p> <p>3.2.2 Purificación del agua.</p>	<p>-Visita el lago de Xochimilco en donde se toman fotografías que ilustren las respuestas del cuestionario.</p> <p>-Elaborar una presentación ante todo el grupo y hacer una discusión de sus observaciones y la de sus compañeros.</p> <p>-A partir de la discusión elaborar una pregunta abierta, de su interés.</p> <p>-Desarrollar una investigación bibliográfica, para contestar la pregunta abierta.</p> <p>-La investigación de la pregunta se presentó en un cartel a todo el grupo donde los alumnos explicaron su respuesta.</p>	<p>-Elaboración del cuestionario para guía a los alumnos en la visita, y en la forma como se elaboran las preguntas abiertas.</p> <p>-Guía de la discusión grupal.</p> <p>-Retroalimentación para la elaboración de la pregunta abierta.</p>
<p>3.3.2 Propiedades del agua:</p> <p>Densidad.</p> <p>Tensión superficial.</p> <p>Poder disolvente.</p> <p>Capacidad calorífica.</p>	<p>-Realización de dos experimentos, uno para poner de manifiesto la tensión superficial y otro para la densidad del hielo.</p> <p>-Elaboración de preguntas abiertas de acuerdo a sus observaciones.</p> <p>-Discusión grupal de los experimentos.</p> <p>-Lectura de un artículo (La extravagancia del agua).</p> <p>-Elaboración de preguntas.</p> <p>-Discusión grupal del artículo.</p>	<p>-Clasificación de las preguntas de los alumnos en abiertas y cerradas de acuerdo con el criterio antes mencionado (elaboración del postest).</p> <p>-Guía de la discusión</p>

6.3.1 Descripción de las sesiones

A continuación se describirá la secuencia didáctica que se llevó a cabo en los grupos experimentales. Cabe mencionar que mientras los grupos experimentales lleva a cabo la secuencia didáctica en los grupos controles su profesor titular trabaja con los mismos temas de acuerdo a su planeación.

6.3.1.1 Presentación de las preguntas abiertas y cerradas.

Antes de empezar a trabajar con los grupos experimentales, el profesor dió una explicación de las propiedades que debe llevar una buena pregunta y la definición de pregunta abierta y cerrada, posteriormente se ilustró con algunos ejemplos que ellos mismos elaboraron en el pretest.

En una segunda etapa se pone en práctica la explicación anterior, donde los alumnos realizaron un ejercicio, el cual consistió en clasificar a las preguntas de sus compañeros y así mismo ver sus propios errores, la clasificación de las preguntas se hizo utilizando el cuadro 2, que sintetiza las características de las preguntas, su definición y resume los criterios mínimos que deben tener una pregunta abierta, la cual se elaboró a partir de los antecedentes que se encontraron en la literatura. Esta actividad se realizó en una hora clase (50 minutos).

Cuadro 2. Criterio para la clasificación de las preguntas

1.- La pregunta es clara y coherente	Si	No
2.- Tiene contexto (relaciona los hechos en la pregunta)	Si	No
3.- La pregunta solicita información de varias fuentes	Si	No
4.-La respuesta que se espera es amplia	Si	No
5.- La respuesta esperada remite a análisis, a la organización de ideas, de hechos, de conceptos o establece relaciones entre ellas	Si	No
Por lo tanto la pregunta es _____		

6.3.1.2 El agua y sus propiedades

El agua es una de las sustancias más abundantes en la biosfera, de ahí su importancia para el ser humano. El agua es una molécula triatómica, está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos mediante enlaces covalentes polares. Estos átomos no están unidos en línea recta, sino que se ubican formando un ángulo de 104.5° .

Esta forma geométrica hace que la molécula de agua sea dipolar, con una carga parcial negativa en el extremo donde se ubica el átomo de oxígeno y las cargas parciales positivas cerca de los hidrógenos. Entre diferentes moléculas de agua se generan fuerzas de atracción medidas por esta diferencia de carga, esta interacción se conoce como puente de hidrógeno (Cerezo, 2011).

La primera parte es la intervención del profesor para dar un encuadre de los temas a revisar, por lo que el profesor presentó una explicación de la estructura del agua indicando las

interacciones entre los átomos que forman parte de la molécula y las interacciones que hay entre moléculas. La presentación fue en Power Point, para utilizar diagramas y dibujos que fueran más explícitos para los alumnos.

6.3.1.2.1 Polaridad de la molécula de agua.

Muchas de las propiedades del agua se explican en base a la polaridad del agua, por lo que se montó un pequeño experimento en la mesa del profesor, donde se puso de manifiesto la polaridad de la molécula (Flores, 1998), para esta actividad el grupo se dividió en pequeños equipos de tres o cuatro personas, la cual se realizó en una hora de clase y el experimento consistió en:

- 1) Una bureta de 50 mL se llenó con agua, que previamente se sujetó en un soporte universal en forma vertical.
- 2) Un alumno inflo un globo con aire, que posteriormente frotó fuertemente en su cabello.
- 3) Se abrió la llave de la bureta para ver que el agua caía de forma vertical.
- 4) El globo frotado, se acercó y se alejó repetidas veces al chorro de agua, sin tocar el chorro de agua, observándose el fenómeno.

De este hecho se pidió a los equipos que elaboraran una pregunta abierta, las cuales se clasificaron con el criterio antes mencionado.

A partir de sus preguntas se realizó una discusión grupal para dar una explicación del fenómeno observado, donde el profesor guió la discusión y finalmente redondeo las ideas para que los alumnos pudieran concluir.

6.3.1.2 Tensión superficial del agua

La tensión superficial se debe a la atracción mutua que se presenta entre las moléculas de agua. Mientras las moléculas que están debajo de la superficie del agua experimentan una fuerza de atracción entre sí y en todas las direcciones, las moléculas que se encuentran en la superficie experimentan una fuerza de atracción con otras moléculas de la superficie y con las que están ubicadas inmediatamente debajo de ellas. Esto crea un desequilibrio de fuerza cuyo resultado es una mayor tensión sobre la superficie del agua. La tensión superficial de un líquido hace que una gota de ese líquido tenga forma esférica (Cerezo, 2011).

De acuerdo con los temas de la unidad tres, la tensión superficial es una de las propiedades del agua que se contemplan en el temario. Para este subtema se realizó un experimento (Gutiérrez, 2004), donde se formaron equipos de tres a cuatro personas, el experimento consistió en:

- 1) Tres vasos de plástico de 50 mL iguales, se llenaron, ocupándose todo el recipiente hasta la orilla del vaso, con agua, etanol y agua con detergente al 5% respectivamente.
- 2) A cada equipo se le dió una cajita de clips metálicos de 3 cm de largo.
- 3) En el vaso con etanol colocaron los clips uno por uno hasta que se derramó la primera gota, contando cuántos clips eran en total.

- 4) Este mismo procedimiento se realizó con los otros dos vasos, secando los clips cada que los sacaban del recipiente con el líquido.

Al término del experimento se llenó un cuadro de resultados (cuadro 3), con los resultados de todos los equipos. Con los resultados del cuadro se les pidió que por equipo formularan una pregunta abierta de acuerdo con los resultados de la experiencia realizada.

Con los resultados obtenidos se realizó una discusión grupal donde ellos tuvieron que explicar las diferencias que se presentaban en el cuadro 3, posteriormente realizaron una pequeña investigación para explicar el fenómeno observado. Esta actividad se realizó en dos horas de clase.

Por otra parte, el profesor clasificó las preguntas elaboradas por los equipos en abiertas y cerradas.

Cuadro 3. Resultados del experimento de “Tensión superficial”

Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Agua														
Etanol														
Agua/detergente														

6.3.1.2.3 Densidad del hielo

La densidad de agua es 1g/cm^3 a 25°C y una atmósfera de presión, cuando se encuentra a 4°C y a 1 atm de presión. La densidad del agua varía con la temperatura. Cuando el agua cambia de

estado líquido al sólido, en vez de contraer su volumen, como ocurre con el resto de los líquidos, se expande disminuyendo su densidad. Esto se debe a que las moléculas ocupan más espacio. Debido a la menor densidad del hielo con respecto al agua líquida, el primero flota (Cerezo, 2011).

Otra propiedad que se revisó con experimentos, fue la densidad del agua, en estado sólido y líquido, esta actividad fue un experimento de pupitre que se trabajó en equipos de tres o cuatro personas, la cual consistió en:

- 1) Dos vasos de precipitados de 250 mL, se colocaron 150 mL de agua en un vaso y en el otro vaso 150 mL de etanol.
- 2) Teniendo los dos vasos semillenos se colocó un hielo de aproximadamente 25 mL y se observa qué pasa en un vaso y en otro.

Se les pidió que por equipo formularan una pregunta abierta de acuerdo con la experiencia realizada, posteriormente se realizó una discusión grupal, donde el profesor guió la discusión en donde finalmente se concluyó, que la propiedad responsable de que flote el hielo en agua líquida es la densidad. Esta actividad se realizó en una hora de clase.

6.3.1.3. Visita al lago de Xochimilco

Una de las estrategias planteadas en este trabajo es la visita al lago de Xochimilco ya que es un ecosistema que se encuentra cerca de la escuela, el cual tiene serios problemas de contaminación (Legorreta, 2005; Sicilia, 2010). Se tomó este ejemplo ya que algunos autores

mencionan que en el mundo en que vivimos es importante relacionar los conocimientos con el interés de los alumnos y los problemas actuales (Córdova, 2007).

Antes de entrar en la metodología, recordaremos que la preparatoria está muy cerca del lago de Xochimilco, un sistema acuífero en peligro de extinción por contaminación, por lo que consideramos conveniente dar un panorama general de la situación actual del lago.

El lago de Xochimilco es uno de los cinco lagos que forman la cuenca lacustre del Valle de México, en el centro de la República Mexicana. Aunque en la actualidad se encuentra reducido a unos pocos canales que riegan la mitad norte de la delegación Xochimilco y el poniente de Tláhuac, D.F.

Los lagos de Xochimilco y Chalco, en el sur de la cuenca, estaban formados por agua dulce, generados por manantiales que brotaban alrededor en diversas zonas. El principal uso del agua del lago de Xochimilco fue y es agrícola, en este lago se comenzó a desarrollar el sistema de cultivo conocido como chinampa, que se sigue empleando en la actualidad. Eso los provee de una singular fertilidad que permitía la recolección de varias cosechas anuales, de hortalizas y flores de ornato.

El lago de Xochimilco en la actualidad se encuentra reducido a canales que son alimentados con aguas tratadas del cerro de la Estrella y aguas negras de los alrededores, lo que provoca que los sembradíos de hortalizas presenten un alto índice de contaminación fecal. Además, el uso sin control de fertilizantes y plaguicidas químicos en la producción agrícola y el depósito de

residuos sólidos ha provocado el aumento de plagas y la extinción de organismos nativos. (SMA del D.F., 2004).

En esta parte se planteó una visita al lago de Xochimilco, con el objeto de que los alumnos observen algunos detalles de la contaminación que sufre este sistema acuífero recordemos que las visitas y excursiones son una herramienta para el aprendizaje, donde el profesor debe de guiar a sus alumnos en las visitas para que no se pierdan en toda la información que pueden obtener, (Mendoza, 2002).

Por lo que la visita y el trabajo se plantearon de la siguiente manera:

- 1) La primera parte de esta actividad fue extra clase y consistió en la visita al lago de Xochimilco, la actividad se realizó en equipos de tres a cuatro personas que son los mismos integrantes en todas las actividades relacionadas con contaminación del agua.
- 2) Por parte del profesor se les dio un cuestionario de 5 preguntas para ir al lago de Xochimilco (anexo 3) donde las preguntas estaban encaminadas a visualizar los problemas más graves que presenta dicho ecosistema. Cabe destacar que las preguntas entregadas a los alumnos tenían tanto preguntas cerradas como abiertas.
- 3) El reporte de la visita es entregado por escrito y en una presentación de Power Point.
- 4) El día de la entrega del reporte se hace una discusión grupal con las presentaciones de los equipos, donde el profesor funge como mediador, y puntualizan una lista de hechos que fueron observados por los alumnos.

- 5) A partir de los hechos, los equipos formulan una pregunta abierta que es retroalimentada por el profesor, utilizando el cuadro 2.
- 6) Esta actividad se realizó en 4 horas clase.
- 7) De su pregunta abierta formulada de los hechos de la contaminación del lago de Xochimilco, los equipos realizaron una investigación bibliográfica para responder su pregunta.
- 8) Con su pregunta y su investigación bibliográfica los equipos realizaron un cartel, los cuales se pegaron alrededor del salón de clase y cada equipo presentaba su pregunta y la respuesta dando una pequeña explicación de su trabajo.

Para la evaluación del cartel resultado de esta, se elaboró una rúbrica ya que es un instrumento de evaluación, que permite visualizar diferentes niveles de logro que se pueden alcanzar durante el proceso de aprendizaje, una de sus principales ventajas es que permite evaluar de manera clara y objetiva el trabajo de los alumnos al utilizar escalas que establecen progresiones en el desempeño estudiantil, en términos de habilidades, conocimientos y actitudes, bien sea de manera individual o colectiva (Ciencias, 2010). En el cuadro 4 se resumen los criterios evaluados en el cartel.

Cuadro 4. Rubrica para la evaluación del cartel

Criterios	4	3	2	1
Estructura de la pregunta.	La pregunta es clara y tiene un contexto explícito y se relaciona con los hechos.	La pregunta es clara y tiene un contexto implícito y se relaciona con los hechos.	La pregunta es clara pero no está contextualizada y se relaciona con los hechos observados.	La pregunta no es clara
Tipo de pregunta.	La pregunta solicita información de varias fuentes, espera que la respuesta sea amplia y que la remita al análisis, a la organización de ideas, de hechos, de conceptos o establezca relaciones entre ellas.	La pregunta solicita información de varias fuentes, espera que la respuesta sea amplia, pero no remite al análisis ni a la organización de ideas.	La pregunta solicita información de varias fuentes, pero no organiza la información	La pregunta solicita información de una sola fuente de información.
Búsqueda/Revisión de fuentes de información.	Consigue y revisa fuentes de información (libros, revistas, entrevistas, internet, visitas).	Muestra iniciativa para buscar fuentes de información (libros, revistas, internet.).	Revisa sólo algunas fuentes de información (libros, internet).	Revisa pocas fuentes de información (internet).
Selección y organización de la información.	Comparte el equipo la información que revisó y se ayuda en organización y realización del proyecto.	Revisan la información, selecciona y organiza aquella que puede ser de utilidad en la	Revisa algunos materiales que pueden ser de utilidad en la realización del proyecto.	Revisan de manera aislada los materiales, sin aportar al equipo ideas ni información.

		realización del proyecto, pero no participan todos los del equipo.		
Síntesis de la información.	Propone distintas formas de sintetizar la información y datos obtenidos.	Propone una manera de sintetizar la información.	Aporta información abundante y accesoria, pero no necesaria.	Desconoce la manera de sintetizar la información.
Presentación del cartel.	El cartel presenta título, el tamaño de letra es adecuado para ser leído, presenta imágenes alusivas a la información presentada, contiene referencias.	El cartel presenta título, el tamaño de letra es adecuado para ser leído, presenta imágenes alusivas a la información presentada.	El cartel presenta solo título e imágenes.	El cartel solo presenta imágenes.
Presentación oral de la información.	La presentación se hace con fluidez, conociendo la información presentada y contestando las preguntas de sus compañeros ampliamente.	La presentación se hace con fluidez, conociendo la información presentada y contestando las preguntas de sus compañeros.	La presentación se hace con fluidez, y contestando algunas preguntas de sus compañeros.	La presentación se hace titubeante, sin conocer la información presentada.

6.4. Postest

De acuerdo con la metodología investigación- acción después de la intervención se tiene que elaborar una evaluación para comparar antes de la intervención y después de la intervención

por lo que se realiza un postest, que consiste en utilizar a los mismos grupos que en el pretest. Cabe mencionar que tanto el pretest, como el postest se realizaron al mismo tiempo en los grupos experimentales como en los de contrastes y todos los grupos habían revisado los mismos temas en clase.

El postest consistió en leer todo el grupo el artículo “La extravagancia del agua” (Bernal, 2004), y posteriormente se les indicó que elaboraran 5 preguntas relacionadas con el artículo. Anexo 2

Teniendo estas preguntas se clasificaron con el criterio antes mencionado en preguntas abiertas y cerradas.

6.5. Confirmación del postest

La primera vez que se realizó la secuencia didáctica fue en el último mes de clase y quedó la duda si después de un tiempo los alumnos se acordarían de cómo elaborar una pregunta abierta. Por lo que en el segundo año, la aplicación de la secuencia didáctica se realizó en los meses de noviembre-diciembre.

Después de cuatro meses a los grupos experimentales se les aplicó una prueba, que consistió en leer sobre el tema de contaminación atmosférica (Domínguez, 2004) y se les pidió que elaboraran cinco preguntas relacionadas con el tema de contaminación ambiental, las cuales se clasificaron con el mismo criterio antes mencionado. Cabe mencionar que durante los cuatro meses siguientes de la intervención didáctica no se les volvió a mencionar nada acerca de las preguntas abiertas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y su discusión del presente trabajo se presentan en el presente capítulo. Cabe mencionar que los resultados del primer año se presentaron en el 29º Congreso Nacional de Educación Química, con el título “La pregunta como estrategia didáctica en la química del agua” (Ríos, 2010).

7.1 Definición de las preguntas en abiertas y cerradas

A partir de la revisión bibliográfica, en este trabajo se definieron a las preguntas de acuerdo al tipo de información que solicita la pregunta y a la respuesta esperada, en “cerradas y abiertas”, definiéndolas de la siguiente manera:

- **Cerrada.** La pregunta solicita información textual de una sola fuente y la respuesta se encuentra en un solo lugar, es obvia, corta, con pocas palabras o números.

Por ejemplo: ¿Cuántos años tienes?, ¿Quién invento el telégrafo?, ¿Dónde está el Ángel de la Independencia?

- **Abierta.** La pregunta solicita evidencias e información sobre la causa/efecto e información de dos o más fuentes, la respuesta es amplia, remite al análisis, apela a la organización de ideas, conceptos, hechos y establece relaciones entre ellas.

Como ya se menciona anteriormente el trabajo se llevó a cabo en dos años escolares, en los ciclos escolares 2009-2010 y 2010-2011, obteniéndose resultados similares por lo que se presentan simultáneamente.

En el primer año se contó con dos grupos de contraste (C1 y C2) y un grupo experimental (E1) a los que se les aplicó el pretest y el posttest de acuerdo a la metodología descrita anteriormente.

En el segundo año se contó con un grupo de contraste, ya que en el año anterior los grupos de contraste se comportaron muy similares, aumentándose un grupo experimental, en total se utilizaron dos grupos experimentales, uno del turno matutino y otro vespertino esto se hizo para ver si el comportamiento era similar o diferente, y uno de contraste del turno vespertino, a los que se les aplicó el pretest y el posttest al mismo tiempo.

De acuerdo a la metodología “investigación-acción” en primer lugar se llevó a cabo un estudio para definir en qué situación se encontraban los alumnos que participaría en la investigación, para la cual se aplicó un pretest.

7.2 Resultados del pretest

En el pretest los alumnos elaboraron cinco preguntas, las cuales se clasifican en preguntas abiertas y cerradas de acuerdo al criterio establecido en los antecedentes, para obtener el porcentaje de preguntas abiertas y cerradas no se tomaron en cuenta las preguntas que estaban mal redactadas por ejemplo:

- 1) ¿Qué acción ser adecuada en contra el agua?
- 2) ¿Por qué el agua salada, puede ser potable en medios químicos?

Estas preguntas no se tomaron en cuenta para el análisis estadístico.

Con las preguntas abiertas y cerradas se del pretest, se determinó el porcentaje de cada una de ellas, ya que había una diferencia de población en los grupos, esto se realizó para poder hacer

un comparativo, quitando las preguntas anuladas. Los porcentajes de las preguntas abiertas y cerradas del pretest se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados del pretest, en porcentaje de preguntas abiertas y cerradas.

Tipos de preguntas en %	C1 (53 alumnos)	C2 (38 alumnos)	C3 (31 alumnos)	E1 (42 alumnos)	E2 (58 alumnos)	E3 (37 alumnos)	Promedio total
Abierta	5	10	11	4	12	9	9
Cerradas	95	90	89	96	88	91	91

Como se indica en la última columna del cuadro 5, el 91 % de las preguntas elaboradas por los alumnos, tanto de los grupos controles como de los experimentales, caen en la categoría de preguntas cerradas y solo un 9 % del total de las preguntas son abiertas.

De acuerdo con los resultados anteriores se realizó una segunda comparación para saber cuántas preguntas abiertas o cerradas elaboran cada alumno en el pretest para posteriormente comparar los resultados en el postest y ver si hubo un avance por alumno.

De las cinco preguntas elaboradas por los alumnos de los seis grupos, se contó cuántas preguntas abiertas hizo cada alumno, y se sacó el porcentaje de cuántos alumnos no habían elaborado ninguna pregunta abierta, el porcentaje de alumnos que habían elaborado una pregunta abierta, el porcentaje de alumnos que habían elaborado dos preguntas abiertas y así sucesivamente. De esto se obtuvieron los siguientes resultados, resumidos en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resultado en porcentaje del número de preguntas abiertas que elaboraron los alumnos individualmente en el pretest.

Número de preguntas abiertas	C1 (53 alumnos) %	C2 (38 alumnos) %	C3 (31 alumnos) %	E1 (42 alumnos) %	E2 (58 alumnos) %	E3 (37 alumnos) %	Promedio
0	85	68	59	85	56	73	72
1	15	24	32	10	33	16	21
2	4	3	6	5	2	8	5
3	0	5	3	0	2	3	2
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0

Como se puede ver en el cuadro 6 solo el 2% de los alumnos de los seis grupos realizaron tres preguntas abiertas de las cinco que se les pedía, de los cuales en los grupos C1 y E1 ningún alumno realizó tres preguntas abiertas lo máximo que realizaron fueron dos preguntas. Cabe destacar que ningún alumno realiza cuatro o cinco preguntas abiertas.

Los resultados obtenidos son muy parecidos a los que reportan Córdova (2007) y Mazzitelli (2009) donde se analiza que los alumnos no elaboran preguntas inquisitivas y que sólo hacen preguntas que se contestan con la misma lectura. En el pretest que se aplicó a los alumnos de bachillerato, se pudo comprobar lo encontrado en la literatura, donde los alumnos elaboran preguntas cerradas ya que están acostumbrados a este tipo de preguntas, difícilmente en el sistema escolar se hace hincapié en que los alumnos elaboren preguntas de otro tipo.

7.3 Resultados de la secuencia didáctica

La siguiente actividad que se realizó fue la propuesta didáctica, la cual sólo se aplicó a los grupos experimentales, mientras que en los grupos de contraste el profesor del grupo, dió su clase de manera tradicional, con los mismos temas que en el grupo experimental, usando los mismos tiempos. En la siguiente parte se presentarán los resultados de la propuesta didáctica.

7.3.1 Caracterización de las preguntas por parte de los alumnos

La primera actividad fue la definición de la pregunta abierta y cerrada por parte del profesor y después un ejercicio donde ellos clasificaron algunos ejemplos de sus compañeros, con ayuda del cuadro 2 (parte metodológica).

En esta actividad, los alumnos clasificaron las preguntas de sus compañeros, el 90% de los alumnos no tuvieron dificultad para poder caracterizar las preguntas, con ayuda del cuadro 2, a continuación se transcribe uno de los ejercicios realizados:

- 1) ¿Por qué motivo se reconoció que el derecho al agua es un derecho humano fundamental?
- 2) De acuerdo al UNICEF, ¿Cuáles son los motivos de que 4000 niños mueran diario en el mundo?
- 3) Hay enfermedades que se presentan por ingerir agua no potable ¿cuáles sería los efectos en general de dichas enfermedades?
- 4) ¿Cuáles serían las principales causas de que el lago Chand haya perdido Km^2 de superficie durante las últimas décadas?

De acuerdo con los criterios que el profesor nos dio, las cuatro preguntas entran en la clasificación de preguntas cerradas (esta es la respuesta del alumno al ejercicio anterior)

7.3.2 Resultados del experimento de la polaridad del agua

Antes de entrar con las propiedades del agua el profesor explicó la estructura del agua, con diagramas e imágenes para que todos los alumnos tuvieran la misma información de la estructura del agua, y tuvieran elementos para poder explicar el comportamiento de esta.

A la siguiente clase revisó la polaridad del agua, para este tema hizo un experimento de cátedra (el experimento se explica en la parte de metodología) donde se puso de manifiesto dicha propiedad de la molécula, después de presentar el experimento se pidió que por equipo elaboraran una pregunta abierta. Los resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados en porcentaje de preguntas abiertas, elaboradas a partir del experimento, de la polaridad del agua.

Porcentaje de	E1 (12 equipo)	E2 (17 equipo)	E3 (13 equipo)	Promedio
Preguntas abiertas	75	76	84	78
Preguntas cerradas	25	24	16	22

En el grupo experimental E1, participaron 12 equipos de tres personas, en esta actividad el 75% de los equipos elaboró una pregunta abierta contextualizada y relacionada con el experimento.

El otro 25% de los equipos formuló una pregunta cerrada, pero estaba contextualizada, a pesar de que no formularon una pregunta abierta sí mejoró su redacción, ya que las preguntas cerradas en el pretest no presentaban contexto y eran preguntas cerradas que se relacionaban directamente con la información del texto. Este comportamiento es similar al que presentó E2 y E3, teniendo un 24% para el E2 y un 16% para E3, los resultados están resumidos en el cuadro.

Para el grupo experimental E2, participaron 17 equipos de cuatro personas, para esta actividad el 76% de los equipos elaboró una pregunta abierta contextualizada y relacionada con el experimento.

En el otro grupo experimental E3, participaron 13 equipos de tres personas, en esta actividad el 84 % de los equipos elaboró una pregunta abierta contextualizada y relacionada con el experimento, algunos ejemplos de las preguntas abiertas se presentan a continuación.

- 1) En el experimento al darle electricidad al globo, frotándolo en el cabello atraía al agua
¿Cuál es el motivo de esta reacción?
- 2) Al dejar caer agua desde una bureta, ésta cae en forma vertical, ¿Por qué el agua cae de lado al acercarle un globo con estática?
- 3) Al frotar un globo con el cabello de alguien y éste al ser acercado a la caída de un chorro de agua, que con anterioridad había sido totalmente vertical, modificada su trayectoria dependiendo de la cercanía del globo ¿qué propiedad del agua explica este fenómeno?
- 4) ¿Por qué el agua se desvió cuando se acercó el globo a ella con carga eléctrica después de ser frotado en la cabeza de un compañero?

5) ¿Por qué al frotar un globo con el cabello limpio de una persona causa que el agua presente una ligera desviación de su trayectoria vertical?

Con las preguntas que ellos elaboraron se realizó una discusión grupal, en la cual el maestro trajo a colación la teoría que habían revisado anteriormente y con esto se pudo explicar el fenómeno observado, de ahí se desprendieron otras inquietudes cómo, ¿en todos los líquidos pasa igual?, ¿Qué pasaría si no se frotara el globo? entre otras.

7.3.3 Resultados del experimento de tensión superficial

Consistió en poner de manifiesto la propiedad de tensión superficial, la cual se realizó como se describe en la metodología, en el grupo experimental E1 se formaron 12 equipos de tres personas, en el grupo experimental E2 se formaron 16 equipos de cuatro personas y en el grupo experimental E3 se formaron 14 equipos de tres personas. Los resultados obtenidos del experimento con los clips, se presenta en el cuadro 8. No se presentan todos los resultados de los grupos E2 y E3 ya que son muy parecidos, solo se presenta el del grupo E1.

Cuadro 8. Resultados del experimento de tensión superficial, del grupo experimental E1.

# de equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
#de clips												
Agua	125	140	142	118	134	149	109	105	160	121	156	104
Etanol	78	89	95	86	73	79	120	68	95	94	105	117
Agua/detergente	53	43	57	47	38	65	71	54	62	82	92	45

Después del llenado del cuadro, se les indicó que por equipo, realizaran una pregunta abierta a todos los grupos experimentales, el resumen de los resultados de la elaboración de preguntas se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Porcentaje de preguntas abiertas, elaboradas a partir del experimento de tensión superficial.

Porcentaje de	E1 (12 equipo)	E2 (16 equipo)	E3 (14 equipo)	Promedio
Preguntas abiertas	83	56	79	73
Preguntas cerradas	17	44	21	27

Para el grupo E1 se obtuvo que el 83% de los equipos, hizo una pregunta abierta contextualizada y sólo el 17 % elaboró una pregunta cerrada.

Analizando estas preguntas podemos ver que los alumnos analizaron los resultados de la tabla y con base en esto elaboraron sus preguntas, no solo se quedaron con lo observado en su mesa.

Por ejemplo, en la siguiente pregunta los alumnos están considerando la composición del agua, relacionándolo con sus observaciones.

- 1) Con base en los resultados obtenidos, ¿por qué el agua soporta más clips que el agua con jabón, sabiendo que tienen los mismos elementos químicos (H₂O)?

En la siguiente pregunta los alumnos analizan los resultados de todos los equipos, surgiendo las dudas y poniéndolas de manifiesto en una pregunta abierta.

- 2) ¿A qué se debió que algunos equipos tuvieran más clips en alcohol que en el agua?

Para el grupo E2 se obtuvo, que el 56 % de los equipos elaboraron una pregunta abierta contextualizada y el 44 % elaboró una pregunta cerrada. A continuación se presenta algunos ejemplos de las preguntas realizadas:

- 3) ¿Por qué en el agua entran más clips antes de que se derramara a diferencia del etanol y agua con jabón, donde se necesitan menos clips para que éstos se derramaran?
- 4) ¿En qué influye el jabón para que la cantidad de clips que entran en el agua sea menor a la del agua?

Para el grupo E3 se obtuvo, que el 79 % de los equipos elaboraron una pregunta abierta contextualizada y el 21 % elaboro una pregunta cerrada.

Analizando las preguntas de los equipos encontramos que todos hacen preguntas contextualizadas, algunos ejemplos de las preguntas abiertas elaboradas por los equipos se muestran a continuación:

- 5) ¿Por qué si es la misma cantidad de agua, agua con jabón y alcohol, tienen diferente facilidad para derramarse al añadir un objeto?
- 6) Si en dos recipientes con la misma capacidad se llenan los dos al tope, uno con agua y otro con alcohol. ¿Por qué caben más clips en el agua que en el alcohol antes de que se derrame el líquido?

Dentro de las preguntas cerradas se puede observar que empieza a contextualizar, esto nos indica que los alumnos han empezado analizar la información y a partir de la información hacen, una pregunta, por ejemplo:

- 1) ¿Qué propiedad tienen los líquidos que ocasionan su derrame al colocar determinada cantidad de materia en ella?
- 2) Cómo pudiste observar en el experimento que acabas de realizar, varía la cantidad de clips que caben en el recipiente para que el líquido se derrame (agua, agua con jabón y alcohol) ¿A qué propiedad se debe la diferencia de clips en los líquidos?

Después que los alumnos elaboraron sus preguntas, el profesor leyó algunas preguntas que dieron pauta a una discusión, en la cual los alumnos se centraron en la propiedad responsable de las diferencias observadas, para ellos la densidad, daba respuesta que por ser más densa el agua que el alcohol por eso soportaba mas clips que el alcohol, pero se contraponía el agua con jabón y agua sola, con esto dedujeron que la densidad no era la propiedad responsable de tal comportamiento, que debía ser otra propiedad. Algunos lanzaron un sin número de propiedades hasta dar con la responsable de dicho comportamiento, esto se llevó a cabo en los tres grupos experimentales.

7.3.4 Resultados del experimento de la densidad del hielo.

En esta actividad se pone de manifiesto la diferencia de densidad entre el agua líquida y el agua sólida, se llevó a cabo un experimento de acuerdo con la parte experimental, mencionada anteriormente.

El grupo experimental E1 se dividió en 14 equipos de tres personas, el grupo experimental E2, se dividió en 16 equipos de cuatro personas, el grupo experimental E3, se dividió en 14 equipos de tres personas Al término del experimento se pidió que elaboran una pregunta abierta acerca del experimento realizado.

Teniendo que para el E1 93% de los equipos realizaron una pregunta abierta y sólo el 7 % de los equipos realizó una pregunta cerrada. Cabe destacar que las preguntas abiertas que esta es la tercera actividad donde se les indica que elabore una pregunta abierta y vemos en el cuadro 10 que casi todos los equipos ya elaboran preguntas abiertas los porcentajes aumentaron en comparación con la primera actividad donde se les indicaba lo mismo.

Cuadro 10. Porcentaje de preguntas abiertas, elaboradas a partir de la observación de la densidad del hielo

Porcentaje de	E1 (12 equipo)	E2 (16 equipo)	E3 (14 equipo)	Promedio
Preguntas abiertas	93	75	86	85
Preguntas cerradas	7	25	14	15

En el grupo experimental E2 obtuvimos que el 76% de los equipos realizaron una pregunta abierta y solo el 25 % de los equipos realizó una pregunta cerrada. Cabe destacar que las preguntas abiertas y cerradas están contextualizadas por ejemplo.

- 1) Hay dos recipientes, uno con agua y el otro con alcohol si al agregar un hielo a cada recipiente, en el de alcohol el hielo se hunde y en el agua flota ¿Por qué en el agua el hielo flota y en el alcohol se hunde?

Los porcentajes de preguntas abiertas elaboradas por los alumnos del grupo experimental E2, se puede observar en el cuadro 10.

En el grupo experimental E3 se obtuvo que el 86% de los equipos, realizaron una pregunta abierta y sólo el 14 % de los equipos realizó una pregunta cerrada. Algunos ejemplos se presentan a continuación:

- 2) ¿Por qué razón el hielo se hunde en el recipiente con alcohol y flota en el recipiente con agua?

En este grupo experimental, a la hora de hacer el experimento, algunos equipos empezaron a preguntar, si este comportamiento se podía presentar en otros materiales, por lo que colocaron varios materiales como monedas, gis, llaves y pedazos de varilla de vidrio, en el agua líquida y en el alcohol, a partir de estos hechos elaboraron su pregunta abierta, algunos ejemplos se muestra a continuación.

- 3) ¿Por qué el hielo siendo sólido no se hundió en el agua al igual que la moneda, el vidrio y el gis los cuales también son sólidos?

Los porcentajes de preguntas abiertas elaboradas por los alumnos se pueden observar en el cuadro 10. Cuando todos los equipos habían entregado su pregunta se realizó una discusión grupal donde el profesor mencionó algunas observaciones de su entorno como, ¿por qué en un vaso de refresco el hielo está arriba?, ¿por qué en el Polo Norte los osos polares prefieren estar en el agua y no en hielo?, dando pie a una discusión de la diferencia de densidades entre el agua líquida y sólida y su importancia para los ecosistemas, esta actividad se realizó para los tres grupos experimentales.

Revisando las preguntas abiertas del primer experimento al tercer experimento, se observa un avance ya que las primeras preguntas eran abiertas pero no tomaban mucho en cuenta el entorno, ya que no todas las preguntas estaban contextualizadas.

En el último experimento la mayoría de las preguntas son claras, contextualizadas y abiertas. Como menciona Mendoza, (2007) hacer preguntas es todo un arte que hay que ir refinando con la práctica.

7.3.6. Resultados de la Visita al lago de Xochimilco

La visita al lago de Xochimilco, esta actividad se trabajó con equipos de tres personas, formándose 12 equipos en el grupo experimental E1, para el grupo E2 se formaron 16 equipos de cuatro personas y para el grupo E3 se formaron 14 equipos de tres personas. La actividad consta de varias partes, la primera se realizó, extra clase, donde los alumnos en equipo visitaron el lago de Xochimilco, que es un sistema cercano a la escuela y muchos de nuestros alumnos del plantel tienen alguna relación con el lago, ya sea que dependen económicamente de él, o simplemente es su camino a la escuela, atraviesan parte del mismo.

Esta actividad consistió en la visita al lago donde los alumnos tenían que tomar fotografías y contestar un cuestionario en el cual se incluían preguntas cerradas como abiertas (anexo 3).

Este cuestionario se entregó por escrito, algunos ejemplos de este trabajo se presentan en el anexo 3 y se realizó también una presentación Power Point para hacer una discusión grupal de los hechos observados en la visita al lago de Xochimilco.

La discusión se hizo proyectando las preguntas una por una y revisando algunas imágenes y respuestas de los equipos, en donde se iban puntualizando los hechos más sobresalientes o los que, a consideración de los alumnos, llamaban más la atención.

Después de revisar cada una de las cinco preguntas se les indicó que elaboraran una pregunta abierta, en la cual tenían que tomar en cuenta los hechos discutidos anteriormente. Cada equipo entregó una pregunta abierta que en algunos casos se les retroalimentó porque su pregunta no estaba clara o porque era una pregunta cerrada, el cuadro 2 (de la página 47) sirvió de guía para la retroalimentación. Cabe destacar que los alumnos demostraron gran interés en el tema de la contaminación del lago de Xochimilco que algunas veces tenía que centrar la discusión sobre la contaminación por qué el tema permitía desviarse hacia lo político, social, y ético.

Algunas preguntas del grupo E1 fueron:

- 1) ¿Por qué el lago de Xochimilco se encuentra en riesgo de desaparecer y qué medidas se podrían tomar para evitarlo?
- 2) El lago de Xochimilco a través del tiempo se ha ido deteriorando a causa de los contaminantes que sus mismos habitantes le provocan ¿por qué valdría la pena rescatarlo, si sus daños son casi irreversibles?

Después de elaborar sus preguntas, los equipos se dieron a la tarea de investigar la respuesta de su pregunta, su investigación la presentaron a todo el grupo en un cartel, donde desarrollaron su creatividad. El cartel se evaluó de acuerdo a la rúbrica que está en la parte metodológica, los

resultados obtenidos son parecidos en los tres grupos experimentales por lo que sólo se presenta, el de E1 en el cuadro 11.

Algunas de las preguntas que elaboraron, el grupo experimental E2, se presentan a continuación:

- 3) En la visita al lago de Xochimilco observamos que en la zona de restaurantes los vendedores arrojaban los desperdicios (aceites, detergentes y sobras de comida). ¿Qué efectos tienen sobre el lago

El anterior ejemplo es el resultado de una retroalimentación, ya que la primera pregunta que elaboraron fue una pregunta contextualizada, pero cerrada, en este caso se le tuvo que retroalimentar con base al cuadro 2 para que pudieran llegar a elaborar una pregunta abierta. a continuación se presentan algunos ejemplos elaborados por el grupo E2

- 4) ¿Por qué ha disminuido la población de ajolotes en el lago de Xochimilco?
- 5) ¿De qué manera los químicos del detergente dañan y afectan al lago de Xochimilco y la vida que se desarrolla ahí?

Algunas de las preguntas que elaboraron, el grupo experimental E3, se presentan a continuación.

- 6) ¿Por qué llegó el lirio acuático al lago de Xochimilco si no es originario de este ecosistema?
- 7) ¿Cómo es que existe vida en el lago de Xochimilco a pesar de su contaminación?

8) ¿Si los pesticidas dañan el lago cuál sería una alternativa a utilizar para evitar la contaminación del lago con los pesticidas?

Después de que todos los equipos elaboraron sus preguntas, se dieron a la tarea de investigar la respuesta de su pregunta, su investigación la presentaron a todo el grupo en un cartel donde desarrollaron su creatividad.

El cartel se evaluó de acuerdo a la rúbrica que está en la parte experimental, los resultados obtenidos son parecidos a los del E1 por lo que no se presentan, los resultados de la rúbrica para E2 y E3. En el cuadro 11 se presentan dichos resultados.

En la presentación de los carteles los alumnos desarrollaron su creatividad utilizando materiales sencillos, novedosos y coloridos; por otra parte se enfrentaron a contestar una pregunta que ellos mismos elaboraron, algunos comentarios fueron: si hubiéramos sabido el trabajo que nos costó contestar la pregunta, hubiéramos hecho una pregunta cerrada la cual se hubiera contestado rápidamente y sin complicaciones. En este comentario los alumnos ya pudieron discernir lo que es una pregunta abierta y sus implicaciones.

Con la presentación del cartel se terminó la propuesta didáctica y la intervención para que los alumnos aprendieran hacer preguntas.

Cuadro 11. Resultados de la evaluación del cartel de acuerdo con la rúbrica, del grupo experimental E1

Criterios	Resultados	Evaluación
Estructura de la pregunta	Diez equipos obtuvieron 4 puntos y dos equipos obtuvieron 3 puntos.	83% de los equipos obtuvo 4 puntos en la estructura de la pregunta, las preguntas eran claras, con un contexto explícito y se relacionaban con los hechos y 17 % obtuvo 3 puntos, sus preguntas eran claras, con contexto implícitos y se relacionaba con los hechos
Tipo de pregunta	Los doce equipos obtuvieron 4 puntos de la evaluación	En el criterio de tipo de pregunta el 100% de los equipos obtuvo 4 puntos, ya que todas las preguntas solicitaban información de varias fuentes y remitían a análisis, a la organización de ideas y relación de hechos.
Búsqueda/Revisión de fuentes de información	Ocho equipos obtuvieron 4 puntos, dos equipos obtuvieron 3 puntos y los dos equipos restantes obtuvieron 2 puntos	El 66 % de los alumnos revisaron diversas fuentes de información como libros, revistas, algunos entrevistaron a los lugareños, el 17% de los equipos sólo busco en fuentes escritas, como libros e internet y el otro 17 % sólo consultó algunas fuentes escritas (internet).
Selección y organización de la información	Diez equipos obtuvieron 4 puntos y dos equipos obtuvieron 3 puntos	El 75 % de los equipos trabajaron de forma organizada, ya que todos los integrantes del equipo, compartieron la información y ayudaron a la organización de ésta; el 17% de los equipos revisaron y organizaron la información, pero no todos los integrantes se involucraron en el proyecto; el 8% de los equipos no organizaron de manera correcta la información y no se involucraron todos sus integrantes.
Síntesis de la información.	Diez equipos obtuvieron 4 puntos, un equipo obtuvo 3 puntos y el otro equipo 2	75 % de los equipos organizó de manera clara la información ya que algunos presentaban gráficas o cuadros fáciles de entender, el 17 % de los alumnos organizó la información clara y sólo el 8 % tuvo algunos problemas para organizar la

	puntos.	información.
Presentación del cartel	Diez equipos obtuvieron 4 puntos, un equipo obtuvo 3 y el equipo restante obtuvo 2 puntos.	El 84 % de los equipos realizó carteles elocuentes a su pregunta cuidando que el cartel cumpliera con todas las especificaciones el 8 % de los equipos realizó su cartel con letras muy pequeña y demasiado texto y el otro 8% sólo tuvo imágenes, pero no muy alusivas a su pregunta.
Presentación oral de la información	Ocho equipos obtuvieron 4 puntos, tres equipos obtuvieron 3 puntos y un equipo obtuvo 2 puntos	El 66 % de los equipos presentaron su cartel sabiendo lo que estaban diciendo y con voz fuerte y seguros de su información y contestando de manera clara a las preguntas de sus compañeros; el 25 % de los equipos tuvieron algunos problemas en contestar las preguntas de sus compañeros ya que algunos de sus integrantes se pusieron nerviosos y eso les restó en su presentación y el 8% de los equipos no pudieron contestar de manera clara las preguntas elaboradas por sus compañeros.

7.4 Postest

Para la elaboración del postest se realizó una lectura acerca de las propiedades del agua, como se indica en la metodología, en donde los alumnos elaboraron cinco preguntas las cuales se clasificaron en preguntas abiertas y cerradas de acuerdo al criterio antes mencionado, a continuación se presentan los resultados del postest en el cuadro 12.

Al tener diferente población en los grupos se determinó el porcentaje para poder hacer un comparativo, quitando las preguntas anuladas.

Cuadro 12. Resultados en porcentaje del postest, de los grupo de contrastes y experimentales

Tipos de preguntas en %	C1 (54 alumnos)	C2 (37 alumnos)	C3 (38 alumnos)	Promedio de grupos C	E1 (44 alumnos)	E2 (57 alumnos)	E3 (27 alumnos)	Promedio de grupos E
Abierta	6	5	12	8	46	62	55	54
Cerrada	94	95	88	92	54	38	45	46

Observando los resultados del postest podemos ver que existe una diferencia en el porcentaje de la elaboración de preguntas abiertas, entre los grupos de contraste (5,6 y 12%) y el grupo experimental (46, 62 y 55%) los grupos de contrastes elaboraron menos preguntas abiertas que los grupos experimentales, entre los grupos experimentales el porcentaje es similar aunque los grupos pertenezcan a diferentes turnos, el E1 y E3 pertenece al turno vespertino y el E2 al turno matutino, y a diferentes ciclos escolares (2009-2010, 2010-2011). Los resultados se pueden observar en el cuadro 12.

Analizando las preguntas de los alumnos se puede observar que:

En el grupo de contraste C1, el 75% de los alumnos no hicieron ninguna pregunta abierta, el 23 % elaboró una pregunta abierta y el 2 % de los alumnos hicieron tres preguntas abiertas.

En el grupo de contraste C2, el 80% de los alumnos no hicieron ninguna pregunta abierta, el 14 % elaboró una pregunta abierta y el 6 % de los alumnos hicieron dos preguntas abiertas.

En el grupo de contraste C3, el 58 % de los alumnos no hicieron una pregunta abierta, el 29 % de los alumnos realizaron una pregunta abierta, 13 % de alumnos dos preguntas abiertas.

En el grupo experimental (E1), el 9% de los alumnos no hicieron ninguna pregunta abierta, el 30 % elaboró una pregunta abierta, el 11 % de los alumnos hicieron dos preguntas abiertas, el 30 % de los alumnos elaboraron tres preguntas abiertas, el 13 % de los alumnos realizó cuatro preguntas abiertas y el 7 % de los alumnos elaboraron las cinco preguntas abiertas.

Del grupo experimental (E2) obtuvimos que 5 % de los alumnos no hicieron una pregunta abierta, el 9 % de los alumnos realizó una pregunta abierta, el 19 % de los alumnos realizaron dos preguntas abiertas, el 26 % de los alumnos hicieron 3 preguntas abiertas, el 32 % de los alumnos realizaron 4 preguntas abiertas y el 9 % de los alumnos hizo las cinco preguntas abiertas.

Del grupo experimental E3 obtuvimos que el 18 % de los alumnos no hicieron una pregunta abierta, el 11 % de los alumnos realizó una pregunta abierta, 5 % de los alumnos realizaron dos preguntas abiertas, el 33 % de los alumnos hicieron 3 preguntas abiertas, el 30 % de los alumnos realizaron 4 preguntas abiertas y el 4 % de los alumnos hizo las cinco preguntas abiertas. Esto se resume en el cuadro 13.

En Cuadro 13 podemos observar que en los grupos experimentales hay un aumento de la producción de preguntas abiertas, en el grupo experimental E2 el 95 % de los alumnos elaboraron una pregunta abierta, por lo menos en comparación con los grupos de contraste. El mismo patrón se presenta en el grupo experimental E1 con el 91% de alumnos elaboraron una pregunta abierta y el grupo experimental que menor porcentaje tuvo fue el E3, con un 82% que todavía es un porcentaje considerable.

Cuadro 13. Resultado en porcentaje del número de preguntas abiertas que elaboraron los alumnos individualmente en el postest

Número de preguntas abiertas	C1	C2	C3	E1	E2	E3
	(53 alumnos) %	(38 alumnos) %	(31 alumnos) %	(42 alumnos) %	(58 alumnos) %	(37 alumnos) %
0	75	80	58	9	5	18
1	23	14	29	30	9	11
2	2	6	13	11	19	5
3	0	0	0	30	26	32
4	0	0	0	13	32	30
5	0	0	0	7	9	4

Por otro lado comparado los resultados obtenidos del pretest y postest se puede observar en el cuadro 14, los resultados se reportan en porcentos, en los grupos de contraste C1, C2 y C3 son similares aunque estos grupos de contrastes son de diferentes años escolares y turnos. En los grupos experimentales existen algunas diferencias que podemos observar en el cuadro 14.

Cuadro 14. Comparativo de los resultados del pretest y postest de los grupos de contraste y los grupos experimentales.

Tipos de preguntas en %	Promedio de los grupos de contraste (C1, C2 y C3)		Promedio de los grupos experimentales (E1, E2, E3)	
	pretest	postest	pretest	postest
Abierta	9	8	8	55
Cerradas	91	92	92	45

Cabe destacar que en el pretest los porcentajes son similares para los seis grupos (contraste y experimental), pero el resultado cambia de manera importante en el posttest, para los grupos experimentales.

Para el grupo experimental E1 hubo un aumento significativo del 42%, ya que en el pretest sólo el 4 % de las preguntas entraban en la categoría de pregunta abierta, mientras que en el posttest el 46 % de las preguntas fueron abiertas. Para el grupo experimental E2 diferencia del 50 % entre el pretest y el posttest en la elaboración de preguntas abiertas, para el grupo experimental E3 existe una diferencia del 46 % en la producción de preguntas abiertas, en el posttest hubo un incremento en la elaboración de preguntas abiertas en los dos grupos experimentales.

Otra diferencia que podemos encontrar es la producción de preguntas abiertas en los grupos contrastes C1 C2 y C3 el 75 % de los alumnos en el pretest no elaboran ninguna pregunta abierta y en el posttest el 77 % de los alumnos no elaboran ninguna pregunta abierta, esto quiere decir que el patrón se repite.

En los grupos experimentales el patrón es diferente, en el pretest sólo el 15 % de los alumnos elaboraron una pregunta abierta, y en el posttest el 91 % de los alumnos elaboraron una pregunta abierta.

7.5 Confirmación de posttest

La confirmación del posttest se hizo después de cuatro meses en los cuales a los dos grupos, experimentales del segundo año, no se les volvió a mencionar nada sobre las preguntas. Se tomó una lectura de un libro que correspondía al tema revisado en la semana de prueba en la

cual se abordó el tema de contaminación del aire. La lectura se hizo grupal y después se les indicó que elaboraran tres preguntas acerca de la lectura, dando como resultados lo expuesto en el cuadro 15.

Cuadro 15. Resultados de la confirmación del postest después de cuatro meses de haber aplicado la secuencia didáctica.

Tipos de preguntas	E2 % de preguntas	E3 % de preguntas	Promedio
Abiertas	35	29	32
Cerradas	65	71	68

Siguiendo con el mismo análisis, obtuvimos que porcentaje de los alumnos elaboran 0, 1, 2 etc. preguntas abiertas. Los resultados de este análisis se presentan en el cuadro 16.

De este análisis estadístico también observamos que más del 50 % de los alumnos de los grupos experimentales (E2 y E3) por lo menos hizo una pregunta abierta del tema de contaminación atmosférica.

Por otro lado comparando los resultados obtenidos en el postest con la confirmación del postest podemos observar que el 18 % de los alumnos no hicieron ninguna pregunta abierta y en la confirmación el 37 % de los alumnos no hizo ninguna pregunta abierta este porcentaje aumento en la confirmación del postest, pero todavía se conservó un porcentaje r alto del 63% de alumnos que por lo menos elaboraron una pregunta abierta.

Cuadro 16. Resultado en porcentaje, del número de preguntas abiertas que elaboraron los alumnos individualmente en la confirmación del postest

Número de preguntas abiertas	E2 (54 alumnos) %	E3 (30 alumnos) %
0	37	37
1	23	34
2	19	20
3	10	3
4	6	6
5	5	0

Comparando los resultados podemos observar que, efectivamente, la producción de preguntas abiertas disminuyó después de cuatro meses, de la intervención didáctica, en comparación con el postest que se aplicó inmediatamente después de la secuencia directa, pero no es igual al porcentaje del pretest. Este resultado es esperado, ya que después de un tiempo se debe confirmar si realmente hubo un aprendizaje significativo que en este caso si lo hubo. Los resultados se pueden observar en el cuadro 17.

Cuadro 17. Comparativo del pretest, postest y la confirmación del postest, en porcentaje.

Tipos de preguntas en %	Grupo experimental (E2)			Grupo experimental (E3)		
	pretest	postest	Confirmación del postest	pretest	postest	Confirmación del postest
Abiertas	12	62	35	9	55	29
Cerradas	88	38	65	91	45	71

Los resultados de esta intervención nos indica que es posible que los alumnos desarrollen su capacidad para la elaboración de preguntas abiertas y a su vez desarrollen una mentalidad crítica, la capacidad de análisis y comprensión de algunos fenómenos, que les ayude a enfrentarse a un mundo y una sociedad cambiante constantemente.

Las preguntas que elaboraron a partir de los hechos de contaminación demuestran que al hacer una pregunta abierta, ellos empezaron a reflexionar, en este grave problema, ya que se planteaban de acuerdo a lo que ellos observaron y a sus intereses personales, algunas preguntas eran del tipo político, económico, turístico, biológico, etc.

Esto nos indica que esta estrategia, aunque se utilizó en una clase de ciencia se puede aplicar a otras áreas dando pauta también a la interdisciplina.

8. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Con respecto a los objetivos planteados concluimos que:

- 1) Se estableció una nueva clasificación de las preguntas con base a la revisión bibliográfica en: abiertas y cerradas
- 2) La secuencia didáctica tenía como fin que los alumnos aprendieran a elaborar preguntas abiertas, donde en cada paso se le pedía, que elaboraran una pregunta, conforme se fue avanzando en la secuencia didáctica, los alumnos pensaban varias veces lo que querían preguntar y cuál era la mejor manera de plasmar su pregunta, por lo que sus preguntas eran mejor cada día al término de la secuencia didáctica, los alumnos de quinto año de preparatoria, aprendieron a hacer preguntas ABIERTAS, a partir de experimentos, observaciones e información escrita.

De acuerdo con los objetivos específicos tenemos que:

- A. Cuando se aplicó el pretest se observó que las preguntas realizadas por los alumnos de quinto año, eran preguntas cerradas las cuales no eran muy claras en su redacción y mucho menos tenían un contexto; sin embargo en el postest el porcentaje de preguntas abiertas, aumentaron considerablemente en comparación con el pretest donde confirmamos que los alumnos de quinto año de preparatoria no sabían elaborar preguntas abiertas, antes de la intervención didáctica.

- B. La secuencia didáctica de la química del agua, ayudó a que los alumnos aprendieran a elaborar preguntas ya que los porcentajes de preguntas abiertas de los grupos controles 8% están por debajo de los grupos experimentales 55%.
- C. Después de la intervención didáctica y pasado cuatro meses donde no se les mencionó nada de las preguntas a los grupos experimentales, se aplicó una prueba donde se les pedía elaborar preguntas abiertas a partir de un artículo. En este caso se obtuvo un porcentaje más alto 32% en comparación con el pretest que era del 8%. Esto se confirmó que después de cuatro meses un porcentaje de alumnos todavía sabían elaborar preguntas abiertas.
- D. Además aprendieron a observar su entorno, ya que tanto en los experimentos como en las visitas observaron más de lo que se les guiaba.
- E. Dentro de la propuesta didáctica de la química del agua, pudimos constatar que los alumnos se interesaron en la información de sus compañeros e intercambiaron dicha información. Los alumnos, al trazar su camino para poder contestar su pregunta, aprendieron a trabajar en equipo y dividirse el trabajo. A pesar de que dentro de nuestros objetivos no estaban contempladas estas habilidades se observó que los alumnos las desarrollaron. Ya que algunos de ellos regresaron al lago a entrevistar a los lugareños, otros fueron a visitar algunos científicos para que les guiaran en su investigación y algunos otros tuvieron que recurrir a muchos libros para poder contestar lo que ellos mismos se preguntaron.

9. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Después de llevar a cabo esta investigación me permito recomendar algunas acciones:

- 1) La secuencia didáctica se puede implementar en cualquier área ya que el objetivo es que los alumnos aprendan a hacer preguntas abiertas de cualquier tema, no es exclusivo de química.
- 2) Se puede implementar desde la formación inicial, donde les permitiéramos desarrollar su parte de curiosidad e investigación en los alumnos, esto nos daría alumnos, más inquisitivos con un pensamiento más crítico.

10. REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Bachelard, G. (1979) *La formación del espíritu científico*. Editorial siglo XXI, p15-26
- Bernal, U. M. y Uruchurtu, G. (2004) La extravagancia del agua en *¿Cómo ves?*; **72**, p 30-33.
- Bodner G. (2003). Problem solving: the difference between what we do and what we tell students to do *U.Chem.Ed.* **7**, p 37-45.
- Campanario, J.M. y Moya A. (1999) ¿Cómo enseñar ciencias? principales tendencias y propuesta, en *Enseñanza de las Ciencias*; **17**, p 179-192.
- Campaner, G. y De longhi, A. L. (2007) La argumentación en educación ambiental. Una estrategia para la escuela media en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*; **6**, p 442-456.
- Canales, A; Flores, C. P; De Ibarrola M; Latapí, P. y Muñoz G. H. (2003) La educación Media, en el Limbo. URL: <http://www.observatorio.org/comunicados/comun094.html>. Consultada por última vez en agosto el 2012.
- Carman, R. (2002) *Habilidad para estudiar*. Editorial Limusa, México, p 87-90.
- Carretero, P. (2005) *Constructivismo y Educación*. Editorial Progreso, México, p 65-74.
- Castillejos, S. A.; Bazúa, R. E; Espinosa H. M; Greavas, F. N; Martínez, V. A. M; Padilla, M. K; Rueda, A. C; Sosa, R. A; Trejo, C. L. M. (2006) *Conocimientos Fundamentales de Química*. Editorial Pearson Educación, México, p 1-2.

- Cerezo, G. J. M (2011) *Química*. Editorial Santillana, México, p 182-185.
- Chamizo, J. A; y Hernández, G. (2000) Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado en *Educación Química*; **11**, p 182-187.
- Chamizo, J. A e Izquierdo, M. (2007) Evaluación de las competencias de pensamiento científico en *Alambique*; **51**, p 9-19.
- Córdova, J. L.; Dosal, A.; Feregrino, V.; Ortiz, L. y Reza, C (2005) Identificación y verbalización de problemas en estudiantes de ingeniería química. Un estudio preliminar en *Anuario Latinoamericano de Educación Química*; **20**, p 79-27.
- Córdova, J.; Dosal, A. y Feregrino, V. (2007) La importancia de las preguntas en *Alambique*; **54**, p 16-27.
- Dadamia, O. (2001) *Educación y Creatividad*. Editorial Magisterio, Bogota, p 120-124.
- De Zubiría J. y Ramírez A. (2009) *¿Cómo investigar en educación?* Editorial Magisterio, Bogota, p 45-46, 72-73.
- DGDC (2010) Algo más sobre el uso de rúbricas como instrumentos de evaluación en *Boletín Informativo de Ciencias Naturales*; **15**, p 14-17.
- Domínguez H. (2004) Anatomía de la atmosfera en *¿Cómo ves?*; **71**, p 22-25.
- Elder, L. y Paul R. (2002) El arte de formular preguntas esenciales, URL: <http://www.criticalthinking.org>. Consultada por última vez en agosto del 2012.
- ENP (1996) *Planes y programa de estudio, quinto año*, Editorial UNAM, México, p 14-20.

- Ezcurdia J. (2006) Mayéutica y complejidad: ¿Es que las universidades en México son capaces de preguntar? En *Revista Regional de Investigación Educativa*; **3**, p 50-65.
- Fensham, P. J. (2004) Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education, en *Science and Technology Education for a Diverse World- dilemmas, needs and partnerships*, International Organization for Science and Technology Education XIth Symposium, p 23-25.
- Flores, de L.T. y Ramírez A. (2007) *El mundo, tú y la química*. Editorial Esfinge. México, p 17-19.
- Garritz A. (2007) ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas en *Boletín Sociedad Química de México*; **1**, p 67-72.
- Gilbert, J. K. (2006) On the nature of "Context" in chemical education en *International Journal of Science Education*; **28**, p 957-976
- Graesser, A.C.; Person, N. y Huber, J. (1992) *Mechanisms that generate questions*. Editorial Lawrence Erlbaum Associate, Publisher, Atlantic, p 167-187.
- Guerrero, M. V. (2006) Agua el recurso más valioso en *¿cómo ves?*; **88**, p 10-16.
- Gutiérrez, R. E., Rodríguez, Z. O., y Carmona T. C. (2004) *La química en tus manos*. Editorial UNAM, México, p 117-118.
- Harwood, WS. (1996) A one minute paper en *J. Chem, Ed*; **73**, p 229.
- Himmelblau, D. (1996) *Basic Principles and calculations in chemical engineering*, Editorial Prentice Hall, Atlantic, p 10-12

- Hofstein, A.; Navon, O.; Kipnis, M. y Mamlok-Naaman, R. (2005) Developing students' ability to ask more and questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories en *Journal of Research in Science Teaching*; **42**, p 791-806.
- ITESM (2004). El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica. <http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/inf-doc/estrategias/>. Consultada por última vez en agosto del 2012.
- Legorreta, J. (2005) Xochimilco, ante la última oportunidad para rescatarlo en *La Jornada*; 12 de junio.
- León T. A. I (2009) La disciplinas científicas: ¿referencia única para seleccionar contenidos para la educación científica básica en México en *Educación Química*; **20**, p 263-271.
- Márquez, V. F.; López G. L. y Pichardo C. V. (2008) Una propuesta didáctica para el aprendizaje centrado en el alumno en *Apertura*; **8**, p 66-74.
- Martens L.M. (1999) Traducido por Sayavedra S. Preguntas productivas en *Sciece & Childrem*; **36**, p 27-53.
- Mayor, J.; Suengas A. y González M. J (1995) *Estrategias metacognitivas aprender a aprender y aprender a pensar*. Editorial Síntesis, Madrid, p 29-30.
- Mazzitelli, M.; Maturano, C. y Macías, A. (2009) Análisis de las preguntas que formulan los alumnos a partir de un texto de Ciencias en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*; **8**, p 45-57.

- McKernam, J. (2003) Investigación-acción y curriculum. Ediciones Morata, Madrid, p 24-75.
- Medellín M. P. (2003) Dos lagos en extinción y los esfuerzos por salvarlos en *Pulsos Diario de San Luis*, 30 de enero.
- Mendoza, N. A. (2002) *Las Visitas y excursiones escolares como estrategias didácticas*. Editorial Trillas, México, p 20-22.
- Mendoza, N. A. (2007) *Las preguntas en la escuela como estrategia didáctica*. Editorial Trillas, México, p 40-63.
- Míguez, M. P. (2005) El Núcleo de una estrategia didáctica universitaria: Motivación y Comprensión en *Revista electrónica de la red de Investigación Educativa*; **1**, p 1-11.
- Míguez, M; Loureiro, S. y Otegui, X. (2008) Conocimientos de química y perfil motivacional: diagnostico al ingreso a la Facultad de Ingeniería en *Educación Química*; **19**, p 133-141.
- Morales, B. P y Landa F. V. (2004) Aprendizaje basado en problemas, en *Theoria*; **13**, p 145-157.
- Obaya, V. A. y Ponce P. R. (2007) La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de Químico Biológicas, p 19-25 URL <http://didacticanoformal.org/wp-content/uploads/2012/10/PPCC.pdf>. Consultada por última vez septiembre del 2012.

- Otero, J. y Graesser, A. (2001) Elements of a model of questions asking en *Cognition and Instruction*; **19**, p 143-175.
- Pedrinaci, E. (2009) Una ciencias para el siglo XXI. El caso de las CMC en España en *Educación Química*; **20**, p 227-251.
- Perales, J. y Cañal, P. (2000) *Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Editorial Marfil, Madrid, p 141-163.
- Pérez C. Y. (2010) Aprendizaje basado en la solución de problemas: Una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin para abordar el tema “Minerales ¿la clave de la civilización?”. Tesis de Maestría Facultad de Química, UNAM.
- Pozo, I. (1999) *La educación y el aprendizaje del pensamiento*. Editorial Aique, Buenos Aires, p 120-125.
- Restrepo, G. B. (2005) Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una visión didáctica para la enseñanza universitaria en *Educación y Educadores*; **8**, p 9-19.
- Ríos L. G. y Chamizo J. A. (2010) La pregunta como estrategia didáctica en la química del agua en *Memorias del 29º Congreso nacional de educación química*; p 85.
- Robinson, W. (2004) The inquiry wheel. An alternative to the Scientific Method en *Journal Chemistry Education*; **81**, p 45-50.

- Romero A.J.G; Rodríguez C. A y Gómez P. J (2008) Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato en *Educación Química* **3**, p 195-200.
- Romero, B. G. (2009) La utilización de estrategias didácticas en clase en *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas*; **23**, p 1-8.
- Ruiz, O. F. J. (2007) Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales en *Latinoamérica, estudio y. educación*; **3**, p 41-60.
- SEMS (2008). Reforma Integral de la educación media superior en México, Subsecretaria de Educación Media Superior, SEP, p 28-29. URL: <http://www.semss.com.mx/reforma%20integral%20ems%202008/snb%20marco%20diversidad%20ene%202008%20final.pdf>. Consultada por última vez en agosto el 2012.
- Sicilia, L. (2010) Están contaminados los canales de Xochimilco en *El Universal*, 13 de enero.
- SMA del D.F. (2004) *Programa de manejo de los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco*. Departamento del D.F. p 7-17.
- Vázquez, A. A y Manassero M. M.A (2006) El interés de los estudiantes hacia la Química en *Educación Química*; **17 (3)**, p 388-401.
- Vidal A. E. (2000) *Evaluación e intervención psicoeducativa, dificultades de aprendizaje*. Editorial Pirámide Madrid p. 129-156.

- Villa L. L. (2000) La educación Media en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*; **5**, p 201-204.

11. ANEXOS



agua

el recurso más valioso

Verónica Guerrero Mothelet

ESTE MES SE CELEBRA EN NUESTRO PAÍS EL IV FORO MUNDIAL DEL AGUA, CON LA ASISTENCIA DE ENTRE 10 000 Y 15 000 PERSONAS. EN ESTE REPORTAJE SE ABORDAN LOS TEMAS PRINCIPALES DEL FORO, LAS EXPECTATIVAS Y EL RETO QUE REPRESENTA DAR SOLUCIONES AL QUE QUIZÁ SEA EL PROBLEMA MÁS GRAVE QUE ENFRENTAREMOS EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS.

La primera vez que se reconoció ampliamente que el derecho al agua es un derecho humano fundamental fue apenas en 2002, con el Pacto sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que firmaron 145 países. Y estos países están obligados a “asegurar progresivamente que todos tengan acceso al agua potable segura, de forma equitativa y sin discriminación”.

“HACE UNA DÉCADA tenía que levantarme a las tres de la mañana todos los días y caminar cinco kilómetros para recoger agua en un río. No volvía a casa antes de las 10, lo que significaba que a menudo llegaba tarde a mi trabajo en la escuela local, donde era maestra. A veces mis hijos tenían agua para lavarse y desayunar. A veces no. Con frecuencia llegaban tarde a la escuela y sin haberse alimentado debido a mi ausencia.

Recoger agua tomaba casi todo el día a las mujeres. La falta de agua solía provocar peleas, palizas a las esposas e incluso divor-

cios... La disentería y el cólera abundaban. Muchos niños sufrían de desnutrición severa. Como se esperaba que las niñas ayudaran a recoger el agua, muy pocas iban a la escuela”.

Éste es el testimonio de Lucy Akanbo-guure, una maestra de Ghana (en *Water Stories*, IRC International Water and Sanitation Centre, 2003). Y podría ser el de millones de mujeres de zonas rurales en países del Tercer Mundo, entre ellos el nuestro. La historia de Lucy tiene un buen final: ella organizó a su comunidad y obtuvo apoyo de una organización no gubernamental bri-

tánica, WaterAid, para construir pozos en su aldea e instalar bombas. Este acceso al agua cambió muchas cosas: más niños y niñas asisten hoy a la escuela; hay una menor incidencia de enfermedades originadas en la insalubridad; las mujeres tienen tiempo para actividades que les proporcionan ingresos, como tejer o cultivar, y también participan más en la toma de decisiones de la comunidad.

Pero hacen falta muchos más finales felices. De acuerdo con cifras de UNICEF, en el mundo “más de 4000 niños y niñas mueren cada día por no tener acceso a agua potable o saneamiento adecuado, más de 2600 millones de personas, lo que supone más de un 40% de la población mundial, carecen de saneamiento básico y más de 1000 millones siguen utilizando para beber fuentes de agua no aptas para el consumo”. Éste es el panorama al que se hará frente en el IV Foro Mundial del Agua, que se celebrará en la Ciudad de México del 16 al 22 de marzo de este año.

Acciones locales para un reto global

Heidi Storsberg, titular de comunicaciones del secretariado del IV Foro, afirma que México fue elegido por el Consejo Mundial del Agua (CMA) como anfitrión por la relevancia de su propuesta. México propuso, entre otras cosas, que el eje rector del foro sean las acciones locales para un reto global, indica Storsberg. En ocasiones anteriores, los foros habían versado sobre una visión general del agua a nivel internacional, las particularidades de las necesidades a nivel regional. Sin embargo, para que las cosas no

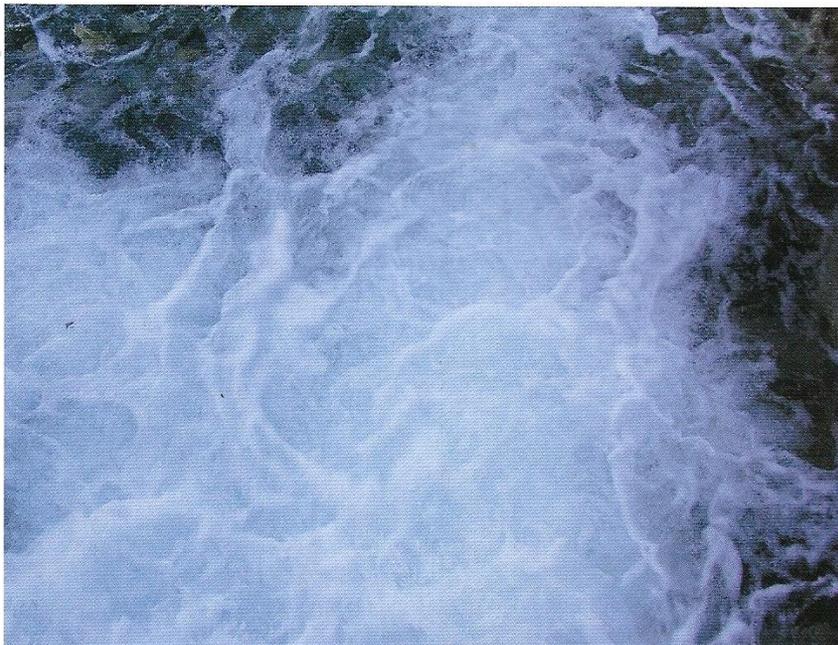


Fotos: Cortesía Mayang Murni Adnin, 2001-2005

se quedaran en meros proyectos había que tomar en cuenta la viabilidad de éstos.

La experiencia e investigaciones reunidas en los foros anteriores llevaron a los expertos a determinar que, sin importar las causas de los problemas relacionados con el agua, éstos tienen un impacto mayor en el nivel local y, en consecuencia, las medidas locales son el camino más directo para conseguir resultados concretos. Por ello, México incluirá durante el IV Foro la presentación de unas 450 acciones locales que han tenido éxito en distintas regiones del mundo. “Estas experiencias exitosas serán presentadas por los protagonistas que las han realizado en sus propias comunidades, y tal vez algunas de ellas sean útiles para localidades de otras regiones del mundo”, señala la titular de comunicaciones del IV Foro.

En el CMA están representadas las autoridades de diversos países mediante la figura de gobernadores, así como instituciones académicas y de servicio de distintas nacionalidades relacionadas con el tema del agua. Eso permitirá que en el IV Foro contribuyan representantes de gobiernos, académicos y científicos, con la posibilidad de compartir nuevas tecnologías. Se contará también con la asistencia de empresarios, banqueros y autoridades responsables de las estructuras financieras.



La historia de los Foros

Desde 1992, a partir de la Conferencia Internacional sobre Ambiente y Desarrollo, y de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil, ya había surgido en el seno de la Organización de las Naciones Unidas la idea de formar un consejo que atendiera los asuntos relacionados con el agua.

Así, en 1996, por iniciativa de varios expertos en materia hídrica a nivel internacional, se creó el Consejo Mundial del Agua. El CMA es una asociación civil independiente que funciona como plataforma internacional y multidisciplinaria para promover la conciencia general sobre este tema. Mediante compromisos políticos con los gobernantes del mundo, el CMA pretende desarrollar medidas para proteger y conservar el agua, así como para planificar su uso “sobre una base sustentable y para el beneficio de toda la vida en la Tierra”.

Ya que uno de los objetivos del CMA es facilitar el intercambio de ideas y acciones relacionadas con el manejo y la conservación del agua, a un año de su fundación, el consejo decidió realizar una cumbre internacional. En marzo de 1997, en la fecha del Día Mundial del Agua, se realizó el primer Foro Mundial del Agua

en Marruecos. La reunión culminó con la firma de la Declaración de Marrakech, que reitera la importancia de reconocer la necesidad básica humana de obtener agua limpia, al tiempo que se preservan los ecosistemas.

El éxito de este primer foro llevó al CMA al desarrollo de la *Visión mundial del agua para la vida y el ambiente en el siglo XXI*, documento en el que más de 15 000 hombres y mujeres de diferentes países definen estrategias prácticas para llegar a un uso sustentable de los recursos hídricos. Dicha publicación, convertida en una especie de declaración global, se presentó en el año 2000 durante el segundo Foro Mundial del Agua, que se llevó a cabo en La Haya, Holanda, con la asistencia de unos 5 700 participantes y 120 representantes de gobiernos internacionales. Ya constituido en evento permanente, a realizarse cada tres años, en 2003 tuvo lugar el tercer foro en la ciudad de Osaka, Japón, ante una congregación de 24 000 participantes. Allí se hizo público el informe *Acciones por el agua*, inventario de cerca de 3 000 medidas locales diseñadas para contribuir a la solución de problemas relacionados con este elemento.

En esta ocasión el propósito es revisar y analizar los factores necesarios para facilitar la participación de los habitantes de las comunidades en las decisiones que se tomen en sus localidades en cuanto al diseño de soluciones para el abasto y aprovechamiento del agua, así como el establecimiento de vías más adecuadas para canalizar el apoyo

nacional e internacional hacia dichas acciones locales. “Será importante compartir y entablar estos diálogos tan necesarios para conocer soluciones probadas que puedan aplicarse en otros sitios, con una reducción de costos”, manifiesta Storsberg.

El programa se ha construido a partir de dos perspectivas paralelas: temática y regional. Heidi Storsberg explica que las regiones son cinco: las Américas, Asia, Europa, África y Medio Oriente. “Esperamos entre 10 000 y 15 000 participantes. Es importante señalar que la participación es abierta. Puede participar quien quiera hacerlo, registrándose por Internet y mediante una pequeña cuota de recuperación”. Los temas principales que se explorarán en el IV Foro han surgido de un prolongado proceso de consulta. Asimismo, se han venido realizado numerosos eventos regionales con el propósito de que cada región formule propuestas que se revisarán en México. Algunos tópicos seleccionados son: “Agua y saneamiento”, “Manejo de riesgos”, “Desalinización y abastecimiento” y “Agua para el crecimiento y desarrollo”.

Al mismo tiempo se llevarán a cabo una Expo Mundial del Agua y la Feria del Agua, con numerosos eventos culturales, relacionados con este valioso recurso

Agua y Cine se llevará a cabo en la Ciudad de México del 17 al 21 de marzo, e incluirá largometrajes y documentales, así como una serie de cortometrajes y videoclips que participan en la sección de competencia convocada por el Secretariado del IV Foro.

Heidi Storsberg agrega que habrá también un Foro de los Niños, donde los pequeños podrán participar y dar a conocer sus experiencias relacionadas con el agua. “Vendrán niños de todo el mundo y trabajarán en conjunto para enviar a la reunión ministerial una serie de propuestas, desde la perspectiva de una generación que ya está preocupada por el tema del agua”.

Desde luego, uno de los eventos más importantes será la propia reunión ministerial, a la que se espera acudan entre 120 y 140 ministros de todo el mundo. De igual importancia serán los encuentros entre autoridades locales de todo el mundo y la organización del llamado Foro Paralelo, con la asistencia de legisladores de todo el planeta.

Mientras la población mundial se triplicó en el siglo XX, el uso de los recursos renovables de agua ha aumentado seis veces.

Dentro de los próximos 50 años la población mundial se incrementará en un 40 a 50%. Este crecimiento poblacional, aunado a la industrialización y la urbanización, dará como resultado un aumento creciente en la demanda de agua y tendrá serias consecuencias para el medio ambiente.

Consejo Mundial del Agua

Para lograr con éxito un evento mundial de esta magnitud se requiere el esfuerzo y participación de varias entidades. Así, la coordinación logística ha correspondido al Secretariado General del IV Foro Mundial del Agua, encabezado por la Comisión Nacional del Agua (Conagua). Además, han contado con el apoyo de muchas otras instituciones y dependencias, como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la UNAM, la Secretaría de Relaciones Exteriores, el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y el Instituto Nacional de la Juventud.

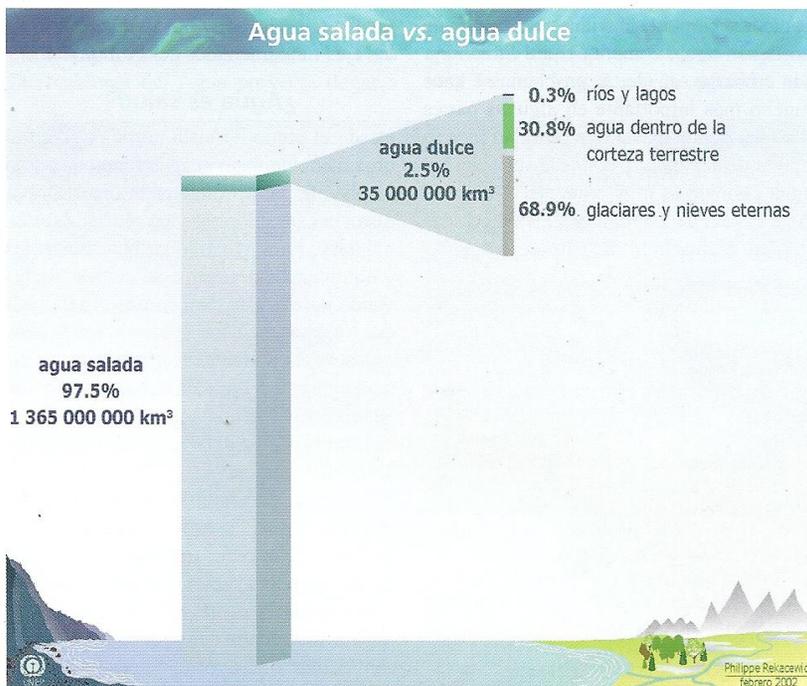
Hagamos números

Pero, ¿por qué tanta insistencia sobre la gravedad del asunto? Después de todo, en nuestro azul planeta lo que sobra es el agua, ¿no es así?

En efecto, el 75% de la superficie de la Tierra está cubierta por agua, con un volumen aproximado de 1 400 millones de kilómetros cúbicos. El problema es que más del 97% de esta inmensa cantidad se encuentra en forma de agua salada en mares y océanos. Por si fuera poco, más de dos terceras partes del resto se encuentran en el interior de la corteza terrestre, en las regiones polares, en forma de glaciares y en las nieves eternas que cubren los elevados picos de las montañas más altas. Menos de 1% es agua de ríos, lagos, pantanos y vapor atmosférico.

Así pues, los humanos podemos aprovechar sólo el 0.26% del agua del planeta, que además está repartida de manera muy poco equitativa. Por ejemplo, el continente africano, que agrupa a 53 países, con 22.4% del territorio global y 13% de la población mundial, sólo tiene acceso a 9% del agua dulce aprovechable del planeta. En otras palabras, cerca de 300 millones de personas en África carecen de agua potable.

Es también irregular su distribución por uso. A nivel mundial, la agricultura emplea para la irrigación 66% del agua disponible, cantidad que puede aumentar hasta 90% en regiones áridas. Del 34% restante, 20% es utilizado por las industrias, 10% se destina al consumo doméstico y cerca de 4% simplemente se evapora. En México, según la Comisión Nacional del Agua, la disponibilidad de agua entubada *per capita* se ha reducido desde la década



Igor A. Shiklomanov, SHI / UNESCO en UNEP (2002), *Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 92-807-2236-0

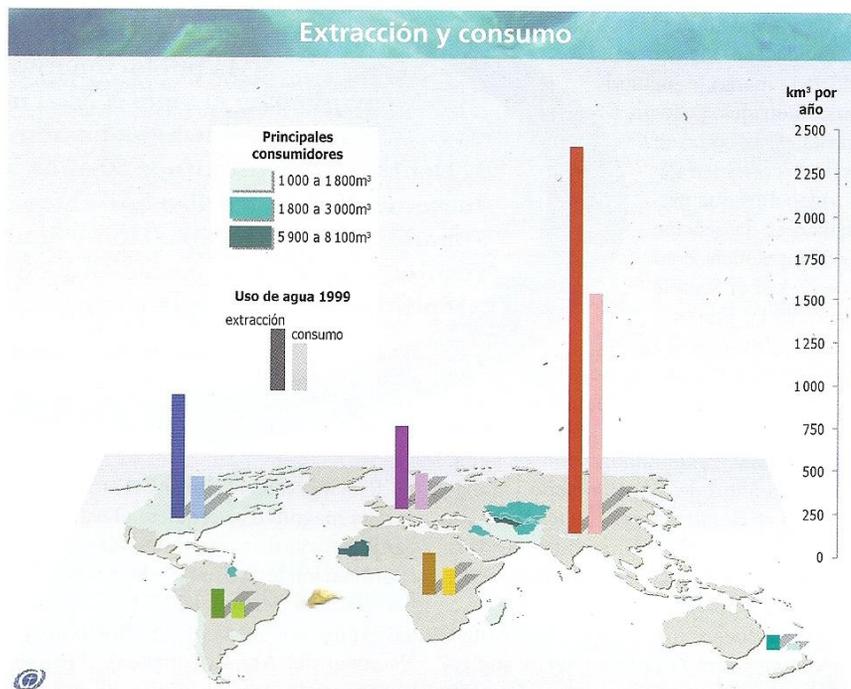
de 1970 de 11 000 metros cúbicos anuales por habitante a 4 600, y se espera que esta cifra disminuya a 3 500 metros cúbicos por persona para el año 2030.

De recurso renovable a pérdida irreversible

Fue alrededor de los cuerpos de agua dulce donde se produjeron los primeros asentamientos humanos. Durante miles de años los lagos, los ríos y los mantos acuíferos se reabastecieron naturalmente. Pero el crecimiento de las poblaciones, así como el aumento de la urbanización, han generado diversos peligros para nuestra reserva de agua dulce. En la actualidad, el ritmo de la producción industrial, con su desalojo de desechos contaminantes sobre cuerpos hídricos, el mal uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura y la sobre-explotación generalizada del agua han roto ese equilibrio natural.

A esto se ha sumado el cambio climático global que, según muchos investigadores, se debe, al menos en parte, a las actividades humanas. De acuerdo con un reciente estudio de la Universidad de California, en poco tiempo, el calentamiento global provocado por la emisión de gases de efecto invernadero reducirá irreparablemente los glaciares y las nieves que sirven como depósito natural de agua en varias regiones del mundo.

Una de las consecuencias principales del cambio climático podría ser la modificación de los ecosistemas. Las zonas ecuatoriales, por ejemplo, se harán más calurosas, lo que aunado a la deforestación, probablemente convierta muchos bosques y selvas tropicales en desiertos. En África el monte Kilimanjaro está perdiendo sus



Fuente: Igor A. Shiklomanov, SHI / UNESCO en UNEP (2002), *Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 92-807-2236-0

glaciares y en el curso de apenas tres décadas el lago Chad se ha encogido de 25 000 km² a 1 200 km².

En efecto, algunas partes de África, como la región subsahariana, prácticamente no tienen agua, comenta Heidi Storsberg. Sin embargo, añade, el problema se hace mucho más importante en algunas partes de Asia, donde existe una cantidad mucho mayor de personas, y donde la ausencia del agua también es muy evidente. "Además, Asia es una de las regiones más afectadas por fenómenos hidrometeorológicos. Ocu-

rrer en esa zona una cantidad muy importante de tifones, pero también las sequías son muy importantes. Este tipo de catástrofes hace que el tema del manejo de riesgos se vuelva tan relevante, por lo que es uno de los ejes fundamentales del IV Foro".

¿Agua es salud?

Desde el punto de vista nutricional, en el organismo humano el agua funciona como disolvente para promover la digestión, al disolver carbohidratos y proteínas. Asimismo, sirve para irrigar, distribuir nutrientes y eliminar los desechos del cuerpo, incluyendo las toxinas. Para compensar el agua que se pierde en los procesos orgánicos, una persona adulta debe consumir aproximadamente 2.5 litros de agua al día, lo que generalmente se consigue tanto por medio de líquidos como del agua contenida en los alimentos sólidos.

El agua para consumo humano debe tener determinadas características. El H₂O químicamente puro, que sólo se produce en el laboratorio, es tan reactivo que no es apropiado para la vida. El agua potable normalmente contiene una pequeña cantidad de sales, pero además debe tener una concentración de microorganismos inferior a cierto límite y estar libre de al-

Niños, agua y educación

Los niños también tienen algo que decir sobre este recurso. Su participación en el IV Foro Mundial del Agua, en el evento *Niños, agua y educación*, coordinado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, tiene varias vertientes:

El Segundo Foro Mundial del Agua de los Niños reunirá a pequeños de entre 11 y 15 años provenientes de las cinco regiones internacionales para presentar sus propuestas de acciones locales. De éstas, los niños seleccionarán las cinco mejores, que serán analizadas en el Foro Temático. Asimismo, redactarán y presentarán un "Llamado a la acción" que será entregado a los ministros de todo el mundo.

Las cinco acciones locales infantiles de México que se presentarán en el Foro son: "Guardianes del agua" de Sinaloa; "Divulgación del cuidado

del agua" de Otilpan, Veracruz; "Limpieza y conservación del río Pesquería" de Nuevo León; "Cultura del Agua en secundarias técnicas" de Querétaro y "Acciones locales para un reto global" de Tamaulipas.

"Aldea global del agua y la educación" será un espacio para la exhibición y demostración de programas y materiales educativos de diversos países, así como para la realización de actividades y talleres. En las sesiones en el Foro Temático, la de "Diálogo intergeneracional" tiene el objetivo de facilitar el diálogo entre los niños y los expertos con el fin de alentar la participación infantil en las acciones locales. Finalmente, "Educación hídrica" tiene el propósito de resaltar la importancia de la educación para el desarrollo sustentable y el logro de las metas del milenio.

gunos contaminantes orgánicos e inorgánicos que representan un elevado riesgo para la salud humana.

Debido a la generalización actual de la presencia de contaminantes y patógenos en el agua, para que ésta llegue hasta el usuario final en estado potable debe pasar por varios procedimientos, que van desde un minucioso análisis físico-químico hasta elaborados procesos de tratamiento y desinfección. En conjunto, el sistema de suministro es costoso y está fuera del alcance de la porción más pobre de la población.

Como resultado, más de 1 000 millones de personas en el mundo no tienen acceso a agua segura, incluyendo cerca de 10% de la población mexicana. Por esta razón, a nivel mundial mueren a diario unos 4 000 niños por causas relacionadas directamente con el uso de aguas contaminadas, que les provocan enfermedades diarreicas, parásitos o hepatitis tipo A.

Así, resulta evidente la urgencia de poner un alto al desperdicio y deterioro del agua, e intentar remediar el daño que se le ha infligido. Después de todo, y esa es la buena noticia, existen soluciones que pueden aplicarse a corto plazo. El IV Foro Internacional del Agua proyecta llegar a

Pensemos en México como una alberca. Si ésta fuera pareja, podríamos llenarla con 0.80 cm de agua al año. Pero no es así. El equivalente a regiones como Chiapas o Tabasco podría tener una profundidad de dos o tres metros, mientras que algunas regiones del norte del país, como Baja California o Sonora, tendrían apenas una profundidad de 10 cm.

Heidi Storsberg

Secretariado del IV Foro Mundial del Agua

algunas de esas soluciones. En primer lugar, se intentará concretar compromisos definidos, y promover recomendaciones para mejorar y fortalecer las acciones locales.

Los foros anteriores han tenido efectos positivos. Después de efectuarse el foro en Japón en 2003, éste se institucionalizó, convirtiéndose en una presencia importante en Asia. A raíz de este foro se propuso a la ONU que se definiera como meta reducir cuando menos en 50% la cantidad de habitantes del planeta sin acceso a agua potable y saneamiento, y disminuir también las pérdidas ocasionadas por el manejo inadecuado de los riesgos hidrometeorológicos extremos. “Hablamos de huracanes o grandes sequías, que hoy por hoy son muy frecuentes y donde las pérdidas son

Declaración del Milenio

En septiembre de 2000 los líderes del mundo se reunieron en la Cumbre del Milenio de la ONU, donde adoptaron la *Declaración del Milenio*. Entre las metas de desarrollo para el año 2015 hay una referente a agua y saneamiento.

La comunidad internacional se comprometió a:

- Reducir para 2015 la proporción de personas que no tienen acceso a agua potable segura ni pueden costearlo.
- Detener la explotación insostenible de los recursos hídricos mediante el desarrollo de estrategias de manejo del agua en los niveles regional, nacional y local, para promover un acceso equitativo y seguridad en el abasto.

enormes”, dice Storsberg. Subraya que se ha demostrado que invertir en la prevención de desastres es entre ocho y 10 veces más eficaz que invertir en recuperación. “Esto no significa que podamos evitar un fenómeno natural, pero sí podemos evitar que éste haga demasiado daño”, explica.

Esperemos que el IV Foro contribuya de manera significativa a alcanzar esa meta, y con ello que muchas experiencias terminen tan bien como la de Lucy, que citamos al inicio de este artículo. Su testimonio concluye así: “Me siento tan contenta de tener agua a la puerta de mi casa 24 horas al día, sabiendo que mis hijos están a salvo de enfermedades relacionadas con aguas insalubres. Y en mi vida hubo un beneficio adicional una vez que también tuve acceso a un retrete”.

Verónica Guerrero es periodista, divulgadora y traductora; publica artículos e imparte talleres sobre los nuevos paradigmas de la ciencia.



La eXTRaVaGANCIA del agua

Margarita Bernal U.
Gertrudis Uruchurtu

Algo muy especial
debe tener el
agua si permitió
que se originara
y evolucionara la
vida en nuestro
planeta.

Ilustraciones: Margarita Bernal y Luis Montiel

ERA VERANO y el calor de Acapulco les resultaba agobiante a los vacacionistas llegados de todas partes, pero a Juan Carlos no le molestaba pues había esperado todo el año esas vacaciones para meterse al mar. Llegó al medio día y antes de desempacar o hacer cualquier otra cosa, se puso el traje de baño y corrió a la playa. Al pisar la arena sintió que se le quemaban las plantas de los pies. Corrió entonces a la orilla del mar y al meter los pies en el agua, tuvo una sensación reconfortante y agradable: estaba fresca. Después de nadar largo rato, brincar las olas y flotar plácidamente, se preguntó por qué la arena estaba más caliente que el agua, si a las dos le daba la misma cantidad de sol.

Carlos salió del mar para descansar y después de ver la espléndida puesta de sol, regresó a la playa para volver a nadar. Esta vez las sensaciones se invirtieron: la arena ya se había enfriado y el agua aún se sentía tibia.

Si Juan Carlos hubiera tenido a la mano un termómetro y hubiera medido la temperatura de la arena y el agua a medio día, se habría dado cuenta de que la primera tenía una temperatura cercana a los 50°C y la segunda de entre 20 y 25°C. En cambio, al

anochecer habría medido una temperatura de 20°C en la arena y una de 24°C en el agua, pues el agua suele conservar durante más tiempo el calor acumulado en el día. Después de pensarlo un rato, llegó a la conclusión de que el agua se calienta más lentamente que otras sustancias y que también se enfría más lentamente. Pero ¿qué es lo que la hace distinta?

Única y diferente

Aunque a simple vista el agua parece ser una de las tantas sustancias que se encuentran en la naturaleza, lo cierto es que es distinta. Su manera de comportarse pasa con frecuencia desapercibida para la mayoría de nosotros. Acostumbrados a beberla, a usarla para bañarnos, regar las macetas, limpiar las ventanas y hasta jugar con ella, no nos asombra y no le encontramos nada de especial. Quienes la obtenemos con sólo abrir una llave, hacemos a menudo uso y abuso de ella sin concederle el beneficio de una mínima reflexión.

Si le pones atención al agua encontrarás cuán peculiar es; a veces hasta el grado de parecer muy extravagante. Sin la presencia del agua, líquida, fresca, transparente, bri-

Comportamiento térmico

	33		oro
	11		cobre
Para elevar su temperatura el agua necesita	6	veces más energía calorífica que el	vidrio
	5		arena
	4.75		aluminio
	2		alcohol

El calor específico es una propiedad física particular para cada sustancia; nos indica la cantidad de calor que es necesario suministrarle para que 1g de ésta aumente su temperatura 1°C. El agua es la sustancia natural que tiene el calor específico más elevado. Esto significa que comparada con otras sustancias comunes, es la que requiere la mayor cantidad de calor para elevar su temperatura.

llante y cantarina, nuestro planeta no sería tan hermoso, pero sobre todo, no sería lo que es, pues la vida no se habría originado en la Tierra, ni evolucionado en ella como lo ha hecho. Para entender esta afirmación en toda su magnitud hay que conocer a fondo el agua, es decir, ir hasta su naturaleza molecular.

El enigma del agua

Como vimos en la experiencia de Juan Carlos, para elevar su temperatura el agua necesita mucho más calor que la mayoría de las sustancias con las que solemos estar en contacto. Por esa misma razón, el tiempo que requiere para liberar esa cantidad de calor es mayor.

Basta observar las fotografías de la Tierra vista desde el espacio para entender por qué se le conoce como el planeta azul. Es el agua de sus océanos, ríos y lagos la que le da ese aspecto de una joya de lapislázuli flotando en el espacio. El 70% de la superficie de nuestro planeta está cubierta de agua. Aunque en la inmensidad del Universo es bastante probable que haya uno o más planetas semejantes al nuestro, hasta hoy no se conoce ningún otro que contenga tanta agua tal como la encontramos en la Tierra.

Esta gran cantidad de agua actúa como un enorme depósito de calor, pues se enfría lentamente durante la noche y pierde la gran cantidad de energía que recibió del Sol durante el día. Además, el agua en los océanos no permanece inmóvil, las corrientes de agua tibia de los trópicos se desplazan grandes distancias a latitudes más al norte, manteniendo estas regiones con una temperatura más cálida. Esto sucede con la corriente que atraviesa el océano Atlántico desde Sudamérica hasta el norte de Europa.

En una de las hipótesis sobre el origen de la vida se afirma que fue el agua el medio tibio y hospitalario que acunó a esas primeras agrupaciones de moléculas de las que partió el proceso de evolución que ha conducido a la actual biodiversidad. Todos los procesos químicos que dieron lugar a la vida y a su evolución necesitaron condiciones de temperatura más o menos constantes para repetirse y dar a resultados similares. Sin el agua esto hubiera sido imposible.

El clima de cualquier lugar de la Tierra depende de muchos factores, pero la cantidad de agua que haya es crucial para cada tipo de clima. Además de la contenida en mares, lagos, ríos y seres vivos, la atmósfera la contiene en diversas proporciones en forma de vapor; es lo que conocemos como humedad relativa. Lugares ubicados en latitudes similares y que por ello reciben cantidades equivalentes de radiación solar, por ejemplo, un bosque tropical o selva y un desierto, tienen climas completamente diferentes debido a la cantidad de agua que hay en ellos. En un lugar selvático, donde

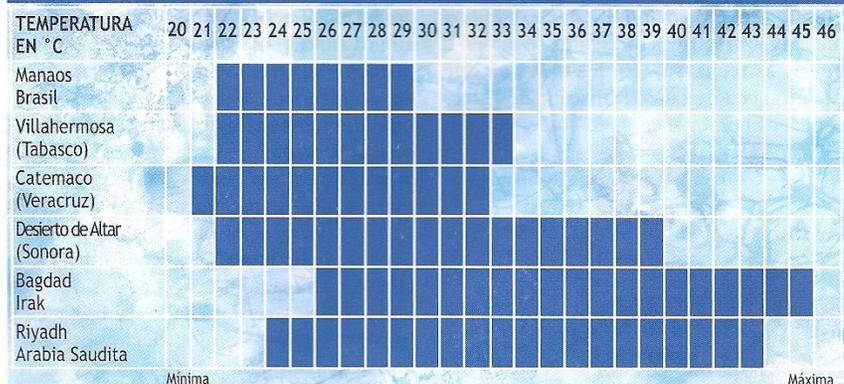
El hidrógeno es el elemento químico más abundante del Universo y el oxígeno ocupa el tercer lugar en abundancia. Por ello, el agua es el compuesto más abundante del Universo.

la tierra, la vegetación y la atmósfera están saturadas de agua, habrá una diferencia de pocos grados entre la temperatura mínima y la máxima. En cambio, en el desierto, donde la cantidad de agua es mucho menor, la vegetación es escasa y la humedad atmosférica es muy baja, puede haber una diferencia de temperatura entre el amanecer y el medio día de hasta 30°C. La gran cantidad de agua en el ambiente selvático retiene el calor y lo deja escapar muy lentamente; todo lo contrario de lo que sucede en un desierto, donde la arena se calienta rápidamente y se enfría a la misma velocidad. La forma en la que el agua almacena el calor le permite funcionar como el regulador o termostato de nuestro planeta.

La molécula de la esquina

El agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de ahí la fórmula con la que la designamos comúnmente: H₂O. Si tuvieras en tus manos tres canicas, dos iguales y otra un poco más grande, ¿de cuántas maneras diferentes podrías colocarlas tocándose entre sí? Ese mismo

Temperaturas registradas un día de mayo



problema es el que parecen resolver los átomos para formar moléculas, el de cómo acomodarse. Parecería que seleccionan las configuraciones que les confieren mayor estabilidad y entre ellas, las que las llevan a un estado de menor gasto de energía, el más “cómodo” para ellas.

Todos los átomos contienen partículas con cargas eléctricas. Los protones, de carga positiva, están en el centro del átomo y los electrones, que se mueven a su alrededor, tienen carga negativa. Como hay el mismo número de partículas positivas que negativas, ninguna predomina, los átomos son eléctricamente neutros. Cuando átomos iguales o diferentes se enlazan entre sí para formar moléculas, éstas siguen siendo neutras; sin embargo, la manera en la que se distribuyen las cargas negativas alrededor de los núcleos dependerá de la geometría de la moléculas. En algunos casos esta distribución puede ser homogénea, pero en otros, si los electrones encuentran una situación más “cómoda” cerca de algún átomo en particular, la distribución dejará de ser homogénea a fin de acomodarse un mayor número de electrones en esa zona favorable. Este reajuste de los electrones conducirá a una situación en la que podríamos distinguir regiones con riqueza de cargas negativas y otras con pobreza de ellas. Esta situación, que favorece la mayor estabilidad para cada molécula individual, tiene consecuencias que van más allá. Las moléculas con una distribución asimétrica de sus cargas se atraen entre sí orientando su extremo pobre en electrones hacia el extremo rico en ellos de otra molécula vecina (recordemos que cargas eléctricas diferentes se atraen e iguales se rechazan). En los casos en que esto no sucede, cuando la distribución electrónica es homogénea, la interacción entre

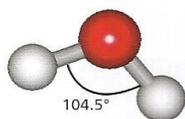


Figura 1. En la molécula del agua se aprecia su “doblez”. Los átomos de hidrógeno (gris) están colocados formando un ángulo de 104.5° en relación con el átomo de oxígeno (rojo).

moléculas es más débil pues no se favorece ninguna orientación entre ellas.

Éste es justamente el caso de la molécula de agua: su estructura no es lineal, está doblada; en ella los hidrógenos forman un ángulo de 104.5°. En esta geometría, los electrones de oxígeno e hidrógeno encontrarán una situación más estable cerca del oxígeno, en la esquina del doblado. En realidad, podemos pensar en la molécula del agua como una estructura tetraédrica, con el átomo de oxígeno en el centro, los dos átomos de hidrógeno en dos vértices y los electrones de la molécula ocupando los otros dos vértices. La zona de los vértices ocupados por los electrones tendrá mayor densidad de ellos, por lo que ahí predominará la carga negativa; en el extremo opuesto, en la zona alrededor de los hidrógenos, predominará la carga positiva de sus núcleos, pues ahí es muy baja la densidad electrónica.

H₂O: molécula tan pequeña, tan simple y tan diferente. ¡Viva la diferencia! pues sin ella no habría vida que celebrar.

Si dos o más moléculas de agua se encuentran, parecen preferir adoptar una estructura donde se favorezca la interacción entre una región de alta densidad electrónica y otra de baja. Al suceder esto, se crea un *punto* entre las moléculas. Como sus átomos de hidrógeno están enlazados y sus oxígenos tienen mayor densidad electrónica, a sus enlaces se les llama *puentes de hidrógeno*.

El doblado de las moléculas de agua es el causante de que se atraigan entre sí con una fuerza mucho mayor que moléculas de otro tipo. Este doblado es el responsable de su comportamiento extravagante. Las conformaciones favoritas que los conjuntos con distinto número de moléculas de agua pueden adoptar son estudiadas con métodos de química teórica. En los últimos años se han determinado teóricamente y comprobado experimentalmente las geometrías más estables para agregados con pocas moléculas. En la figura 3 mostramos algunas de estas estructuras. Si observas con cuidado verás que cada molécula puede formar hasta cuatro puentes de hidrógeno, dos de ellos a partir de los vértices de los hidrógenos y los dos restantes con los electrones de los vértices opuestos.



Figura 2. La zona color rosado representa una mayor densidad electrónica, mientras que la zona verde una de menor densidad electrónica.

La idea de este tipo de interacción entre las moléculas de agua fue propuesta, hace casi 85 años, por Gilbert Lewis, un químico estadounidense, y uno de sus estudiantes más jóvenes, Maurice Huggins. Su propuesta fue rápidamente reconocida por sus colegas como una de las claves para entender las propiedades singulares del agua.

¿Cómo acumula tanto calor el agua?

Ahora imagínate que estás sentado frente a tu escritorio y escuchas la alarma de sismo y tienes que evacuar el edificio. Para bajar rápido las escaleras, hasta la zona de seguridad, gastarás mucha más energía que la que consumirías al estar sentado. Pero además un compañero bromista te amarró a la silla. Para desamarrarte, levantarte de tu silla y salir corriendo requerirás de un gasto adicional de energía.

Al agua le sucede algo semejante. Cuando se calienta tiende a evaporarse, a transformarse en un gas. Las moléculas gaseosas se mueven mucho más rápido que las moléculas de un líquido y por lo mismo es necesario suministrarles energía para cambiar de estado: de líquido a gas. Como las moléculas de agua están “amarradas” entre sí con sus puentes de hidrógeno, necesitan mucha más energía calorífica que las de cualquier otro tipo de líquido para separarse. El agua se enfría lentamente porque al hacerlo tiene que deshacerse de toda la energía que ocupó en amarrar las moléculas que habían empezado a separarse.

Y sin embargo flota

Si te ofrecieran una limonada con hielos y éstos estuvieran en el fondo del vaso en vez de flotar ¿te parecería extraño? Quizá nunca habías pensado en que el agua es una sustancia cuyo estado sólido (en este caso el hielo) es más ligero o menos denso que su estado líquido. La fase sólida de todas

las otras sustancias que hay en la naturaleza siempre es más densa que la líquida. Lo puedes comprobar sencillamente tomando un poco de vaselina líquida y poniéndola en el congelador por lo menos una hora. Cuando esté perfectamente sólida y firme, introdúcela en un vaso que contenga vaselina líquida, no muy caliente. Verás que de inmediato se va al fondo. Lo mismo sucedería si hicieras, por ejemplo, “hielos” de alcohol, aunque en un refrigerador doméstico no se alcanza una temperatura suficientemente baja para que se solidifiquen. ¿Por qué, entonces, el agua sólida flota? o, dicho de otra manera, ¿por qué el estado sólido del agua es menos denso que su estado líquido?

De nuevo, la respuesta está en el doblez de su molécula y en los puentes de hidrógeno que resultan a partir de él. En el agua líquida sabemos que las moléculas forman grupos de cuatro o cinco moléculas; al disminuir la temperatura, estos grupos se reacomodan en estructuras más estables, por ejemplo, en hexámeros, como el caso mostrado en la figura 3. Al ser menor la temperatura, las moléculas tienen menos movimiento y esto propicia la formación de una especie de panal tridimensional, que favorece la formación

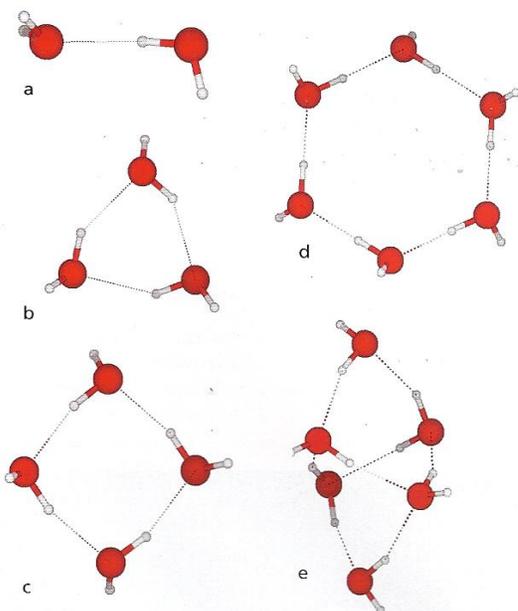


Figura 3. Estructuras estables de agregados de moléculas de agua; las líneas punteadas señalan los puentes de hidrógeno. a) dímero, b) trímero, c) tetramero, d) pentámero, e) hexámero.

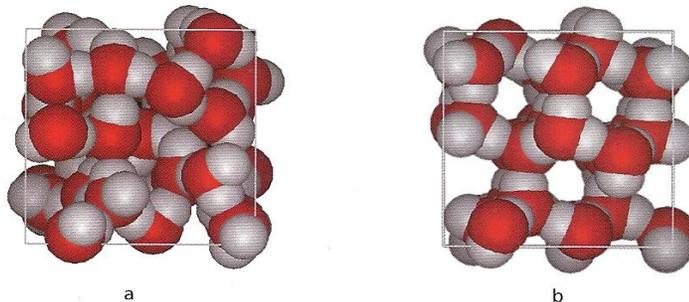


Figura 4. Estructuras predichas por una simulación numérica para el agua líquida y para el hielo. Obsérvense en el caso del hielo los espacios vacíos a los cuales éste debe su menor densidad.

de cuatro puentes de hidrógeno alrededor de cada molécula de agua, dando así lugar a una red esponjosa más ligera y menos densa que el agua líquida. Observa las estructuras propuestas para el agua líquida y el hielo en la figura 4; notarás que la red del hielo tiene muchos espacios vacíos.

Y si el hielo no flotara, ¿qué pasaría? En las latitudes más al norte o al sur de nuestro planeta, donde los inviernos son tan fríos que la superficie de lagos y ríos se llega a congelar –tanto que hasta se puede caminar y patinar encima del hielo–, gracias a que el hielo flota se forma sobre la superficie una capa translúcida (que permite el paso de la luz) y las plantas acuáticas pueden seguir haciendo fotosíntesis. La fotosíntesis desprende oxígeno y las plantas y animales acuáticos tienen suficiente para seguir respirando. El hielo, al ser poroso, actúa como un aislante de la temperatura, por eso impide que las temperaturas debajo de él sean tan frías como las de la atmósfera. Así, la vida acuática continúa sin grandes cambios esperando el deshielo de la siguiente primavera. Si el hielo no flotara se iría al fondo, congelaría y mataría a las plantas acuáticas.

Esto traería como consecuencia la falta de oxígeno suficiente para la respiración de la fauna acuática, pues no habría

plantas que realizaran fotosíntesis y produjeran con ello el oxígeno necesario. La situación se agravaría pues la superficie carecería de una cubierta aislante y, al continuar descendiendo la temperatura, toda ella se congelaría. Al llegar la primavera, plantas y animales habrían muerto.

Tendiendo puentes

El peculiar comportamiento del agua es consecuencia del laberinto que se puede formar a través de los puentes de hidrógeno. Si bien ahora sabemos que los puentes de hidrógeno aparecen en otro tipo de moléculas y que también a éstas les confieren propiedades estructurales muy especiales, no hay otra molécula que reúna las características de tamaño y forma que le permitan extender su compleja red de puentes por todo el espacio. Los puentes de hidrógeno del agua tienen como consecuencia restricciones estructurales que afectan propiedades como la densidad, la capacidad calorífica, la conducción del calor y la forma en que se acomodan las moléculas, disueltas en su red. Sin duda, estos puentes de hidrógeno del agua, que ocurren a nivel molecular, tienen consecuencias importantes a una escala universal. 🧐

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.

Margarita Bernal es profesora e investigadora del Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Gertrudis Uruchurtu es química farmacobióloga, durante 30 años fue maestra de química en bachillerato y es egresada del diplomado de divulgación de la ciencia de la DGDC/UNAM.

Anexo III

Visita al lago de Xochimilco

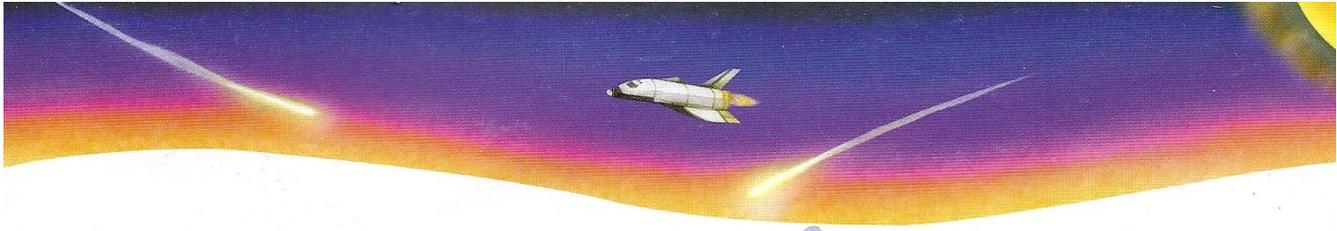
Los alumnos visitan el lago de Xochimilco para observar en qué condiciones se encuentra el lago y con ayuda de una cámara fotográfica o un celular tomaran fotografías que ilustren las preguntas o las respuestas del siguiente cuestionario.

1. A lo largo de la historia de la ciudad de México el lago de Xochimilco ha jugado un papel importante, ya que mucha de la economía de la región dependía de él. Actualmente, ¿qué tipo de actividad económica depende del lago de Xochimilco?
2. En los últimos años el lago de Xochimilco ha sufrido el estrago de la urbanización por lo que presenta un alto índice de contaminación ¿Cuáles son los contaminantes principales del lago de Xochimilco?
3. Sobre los canales de Xochimilco se puede apreciar zonas verdosas donde se encuentra el lirio acuático, ¿por qué se considera al lirio como un contaminante del lago de Xochimilco?
4. Una de las actividades que depende del lago de Xochimilco es la agricultura (hortalizas y flores de ornato) que se llevan a cabo en las chinampas ¿Por qué se considera que esta actividad afecta al lago de Xochimilco?
5. El lago de Xochimilco era alimentado por 4 manantiales de gran importancia; sus aguas servían para regar los cultivos y eran morada de aves nativas y migratorias. Surtía de agua potable a la capital. La sobreexplotación del agua agotó el caudal de los manantiales, provocó hundimientos en los terrenos y contaminación en las aguas del lago; el nivel de agua de los diversos canales ha bajado en forma alarmante, desde noviembre de 1975 hasta la fecha, se calcula que en 50 años desaparecerá ¿Qué medidas deberían de tomar los lugareños para rescatar el lago de Xochimilco.

Referencia

Legorreta J. (2005) Xochimilco, ante la última oportunidad para rescatarlo, en *La Jornada*, 12 de junio de 2005

SiciliaL. (2000) Están contaminados los canales de Xochimilco, en *El Universal*, 13 de enero de 2000



Anatomía de la atmósfera

Héctor Domínguez

“Me enloquece el deseo de que el aire toque todo mi cuerpo” escribió el poeta Walt Whitman en “Canto a mí mismo”, de su libro Hojas de hierba, en 1855. Y ahí mismo se declara enamorado de la atmósfera, que “no es un perfume... no tiene el sabor de la destilación... no huele. Es por siempre para mi boca”. A la manera del poeta, quizá nosotros tendríamos que enamorarnos de la atmósfera a fin de cuidarla: sin ella no sería posible la vida en la Tierra.

IRRESPIRABLE, formada por gases tóxicos como el metano, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, la atmósfera original de nuestro planeta era muy distinta a la actual. Al paso de millones de años, los océanos y los mares se formaron por las grandes lluvias que cayeron durante largos periodos. Dentro de los océanos aparecieron las primeras bacterias que evolucionaron a unas plantas llamadas algas y éstas liberaron oxígeno. Conforme pasó el tiempo la atmósfera empezó a contener oxígeno, se formó la capa de ozono y así empezaron a darse las condiciones para la vida.

Piel de manzana

La atmósfera es tan solo una delgadísima cubierta comparada con el diámetro de

nuestro planeta, que mide 12741 km sobre el ecuador. El espesor actual de la atmósfera es de aproximadamente 800 kilómetros. Es decir, si la Tierra fuera una manzana, la atmósfera tendría el grosor de su cáscara.

Con la ayuda de globos aerostáticos, satélites y cohetes provistos de instrumentos sensibles y precisos, los investigadores que se dedican a estudiar la atmósfera la dividen en cinco capas (véase esquema).

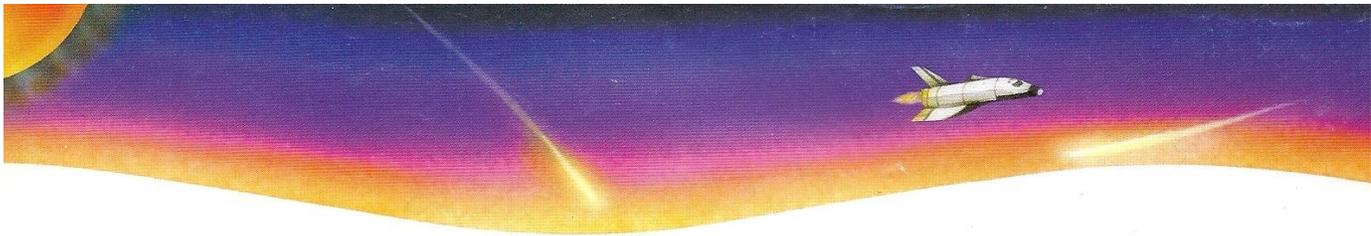
La primera capa, dentro de la cual vivimos, se denomina troposfera y va de los 0 km (nivel del mar) a 15 km de altitud. En ella se concentran cerca de las tres cuartas partes de los gases atmosféricos. Esto hace que sea la capa más activa, ya que el aire está en constante movimiento y casi todo el vapor de agua de la atmósfera se concentra ahí. Es por ello que fenómenos climatológicos como las nubes, lluvias, granizo, vientos, tornados y huracanes ocurren en esta capa. La troposfera se calienta por la emisión de radiación infrarroja (calor) que reemite la superficie terrestre cuando se calienta por la radiación que le llega directamente del Sol. Conforme nos elevamos, la temperatura en la troposfera desciende gradualmente de unos 20°C hasta -50°C en su parte más alta.

Por arriba de la troposfera se ubica la estratosfera, a una altitud de 15 a 50 km. Esta segunda capa es una región muy estable, de poco movimiento. Casi no contiene vapor de agua por lo que se forman muy pocas nubes. La temperatura en esta capa aumenta progresivamente hasta unos 4°C

y dentro de ella, a unos 25 km de altitud, se ubica la capa de ozono, un gas azulado formado por tres moléculas de oxígeno. La radiación ultravioleta solar interactúa con estas moléculas de tal forma que no llega a la superficie terrestre. Esto nos da una protección indispensable, ya que se trata de una radiación sumamente dañina para la vida. La estratosfera contiene alrededor del 19% de los gases de la atmósfera, por lo que la mayor parte de la masa total de estos gases se halla en las dos primeras capas.

La mesosfera se encuentra entre 50 y 80 kilómetros de altitud; ahí la temperatura atmosférica vuelve a descender hasta -90°C. Le sigue la termosfera, a una altitud de 80 a 500 km, donde los gases de la atmósfera atrapan los rayos X provenientes del Sol y de otros objetos celestes. Esta interacción hace que la temperatura de la termosfera se incremente en forma importante y se formen iones positivos y negativos dando lugar a la ionosfera, donde se reflejan las ondas de radio en la banda de onda corta.

En la parte superior de la atmósfera se ubica la exosfera, a una altitud de 500 a 800 km, donde existe una gran variedad de gases como el helio, el nitrógeno y el argón, pero en cantidades muy pequeñas, ya que la escasa gravedad a esa altura permite que escapen fácilmente al espacio exterior. Las últimas tres capas (mesosfera, termosfera y exosfera) contienen sólo el 6% de la masa total de la atmósfera, por lo cual la densidad es muy baja comparada con aquélla de las dos primeras capas.



En el mar el aire es más sabroso

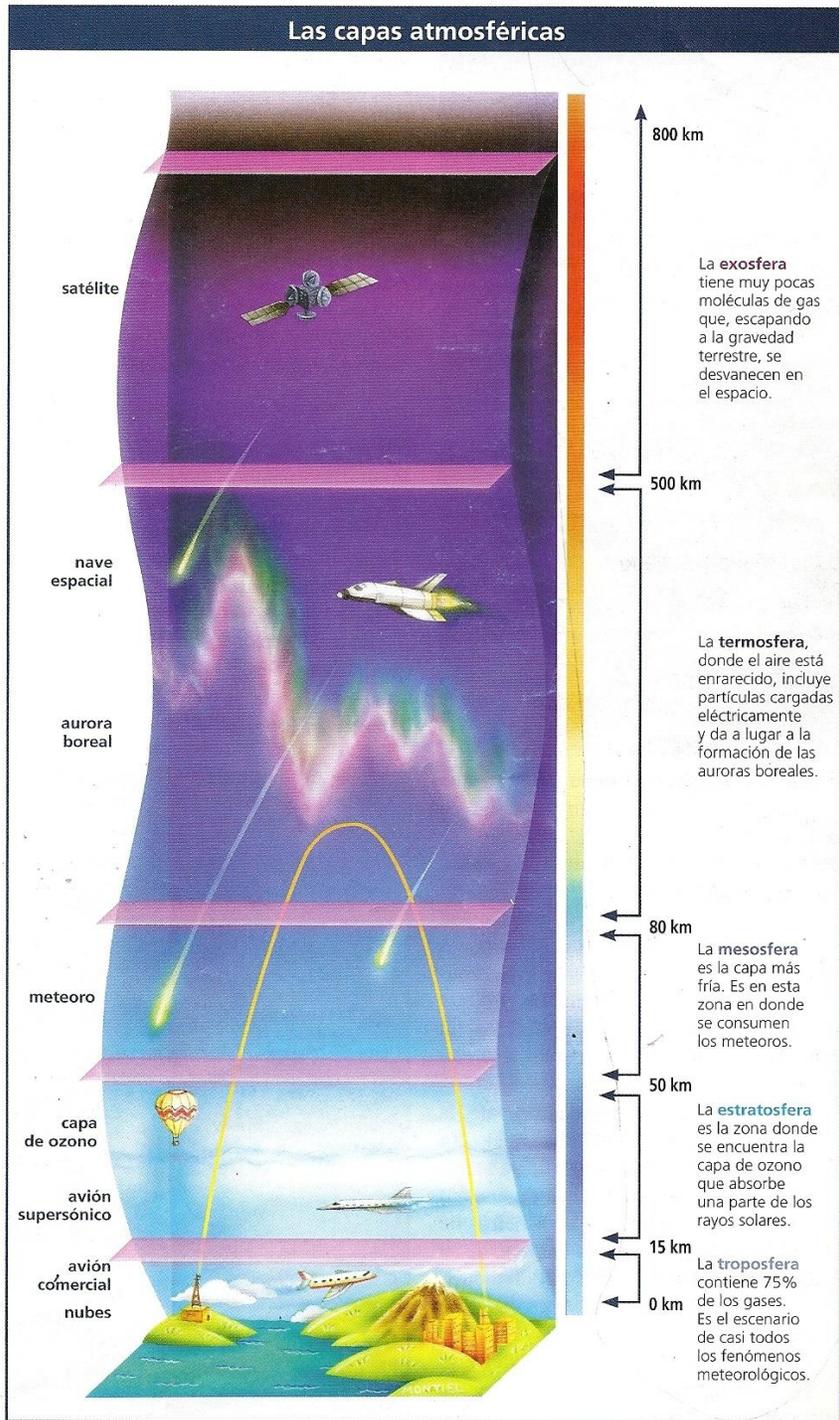
La densidad de la atmósfera —esto es, la cantidad de masa de los gases que la conforman por unidad de volumen—, no es uniforme a lo largo de las capas, a diferencia de lo que ocurre en el agua donde la densidad es la misma para cualquier profundidad. Como la mayor parte de la masa de la atmósfera se concentra en la troposfera, ahí su densidad es mayor; la máxima densidad se da a nivel del mar.

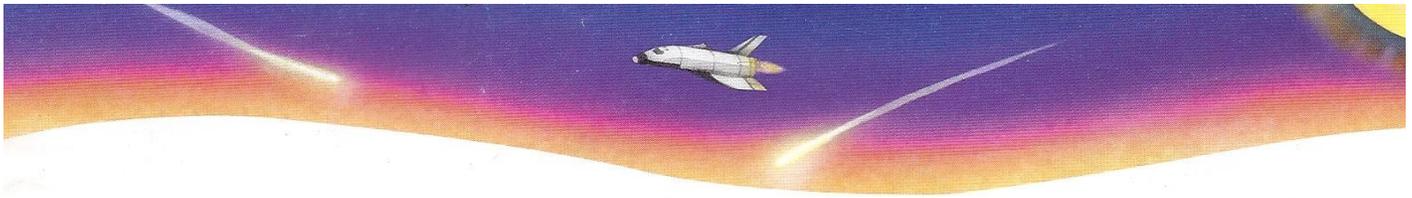
En la cordillera de los Himalayas, por ejemplo, el Everest (la montaña más alta del mundo, con 8848 m sobre el nivel del mar) tiene una atmósfera con poca densidad y por lo tanto poco oxígeno; por eso para muchos escaladores es imprescindible el uso de tanques de oxígeno. A una altitud como la de la Ciudad de México (aproximadamente 2200 m sobre el nivel del mar), la densidad de los gases es un poco mayor. Pero si un habitante de esta ciudad viaja a las playas de Acapulco, la mayor proporción de oxígeno hará que mejore su desempeño físico y que el motor de su auto funcione con más potencia.

Los habitantes de lugares cuya altitud es relativamente baja, de la playa, por ejemplo, se cansan fácilmente en lugares altos como la Ciudad de México o Toluca. Esto se debe a que las personas que viven en sitios elevados, donde la densidad de oxígeno es menor que en lugares más bajos, tienen una mayor cantidad de glóbulos rojos en la sangre que les permite captar más oxígeno. Por esta razón los deportistas se entrenan en lugares de gran altitud como el Nevado de Toluca, con el objetivo de incrementar la cantidad de glóbulos rojos en su sangre. Esta mayor capacidad de oxigenación les va a permitir adquirir más resistencia. Ahora también se entenderá por qué en los ascensos a montañas muy altas es necesario establecer campamentos en el camino, a fin de permitir que el organismo de los escaladores se vaya adaptando a las importantes deficiencias de oxígeno.

Salir volando

Como ya se mencionó, la atmósfera está constituida por gases que poseen una de-





Indispensable para la vida

- La atmósfera seca se compone de 78% nitrógeno, 21% oxígeno y una proporción pequeña de otros gases, entre los que destaca el dióxido de carbono que contribuye a mantener el calor cerca de la superficie terrestre. La presencia del oxígeno es indispensable para mantener la vida sobre el globo terráqueo, sin él, el ser humano, las diferentes especies animales y la mayoría de las vegetales no podrían subsistir.
- La atmósfera nos protege de la radiación ultravioleta del Sol, que es sumamente dañina a la vida pues afecta los ojos, provoca quemaduras y puede causar cáncer en la piel.
- Por lo general la atmósfera no está seca, sino que contiene vapor de agua en diferentes proporciones según el lugar y la estación del año. En los desiertos elevados el aire suele ser muy seco, en contraste con las costas y las selvas, donde el aire contiene una gran cantidad de humedad. En estos sitios, el vapor de agua es claramente visible ya que se condensa en forma de nubes o bruma. Sin la humedad, no habría lluvias y sin éstas desaparecerían los bosques y las áreas verdes. Gracias a la atmósfera tenemos una gran variedad de climas y manifestaciones climatológicas en el mundo.
- Si no existiera la atmósfera, la diferencia de temperaturas entre el día y la noche sería de más de 200 °C. Durante el día nos asaríamos al subir la temperatura hasta cerca de 82 °C, y nos congelaríamos por la noche, al descender hasta cerca de los 140 °C bajo cero.

terminada masa y por ende un peso que depende de la altitud. La atmósfera ejerce una presión según la altitud. La presión se define en forma general como fuerza aplicada por unidad de área.

Para entender la variación de la presión atmosférica imagínate la atmósfera como una pila gigante de pedacitos de hule espuma que alcanza una gran altura: los pedazos en el fondo estarán muy comprimidos, un poco menos los de la parte media, y aún menos aquéllos en la parte superior.

En el caso de la atmósfera terrestre, la mayor presión se registra al nivel del mar y va disminuyendo con la altitud de tal forma que en las montañas más altas de nuestro planeta, entre los 8000 y 9000 metros de altitud, la presión del aire es la mitad de su valor al nivel del mar, y a los 20000 metros es menor a la décima parte. A los 10000 o 12000 metros de altitud, donde vuelan los aviones comerciales, la presión del aire exterior es menor que la del interior de nuestro cuerpo, por lo que si pudiéramos

salir del avión en pleno vuelo nos sería imposible respirar. Ésta es la razón por la que los aviones están presurizados: se les inyecta aire a fin de que la presión en el interior de la cabina se equipare con la presión atmosférica que existe en el momento de abordar. Si a miles de metros de altitud se rompiera una ventanilla o se abriera una puerta por accidente —como hemos visto en algunas películas—, los pasajeros y los objetos saldrían despedidos del interior del avión hacia afuera y no al revés, ya que la presión en el interior del avión es mayor a la presión atmosférica en el exterior de la nave.

La capa de ozono

Las actividades humanas han producido en la atmósfera cambios que son riesgosos para los seres vivos. Uno de ellos es el adelgazamiento de la capa de ozono que, como vimos, impide que los rayos ultravioleta, dañinos para la vida, lleguen a la superficie de la Tierra.

En la década de los años 80 se descubrió que la densidad de la capa de ozono de la atmósfera disminuía en forma importante en el polo sur, sobre la Antártida, formándose

un “agujero” que ha alcanzado una extensión de 25 millones de kilómetros cuadrados aproximadamente. Los responsables de este fenómeno son los gases clorofluorocarbonos (CFC), utilizados en sistemas de refrigeración y en aerosoles como propulente. Afortunadamente, en 1987 se firmó el Protocolo de Montreal, donde los países del mundo se comprometieron a sustituir estos gases, pero aún estamos lejos de haber resuelto totalmente este problema.

Calor de más

Otro cambio en la atmósfera es el que se refiere al efecto invernadero, derivado del hecho de que el Sol no sólo emite luz visible, también genera otros tipos de radiación que si bien son invisibles al ojo humano podemos sentir o medir. Dentro de estas radiaciones invisibles se encuentra la radiación infrarroja que nos calienta.

Imagina que en un día muy soleado se deja un automóvil en un área libre de árboles o sombra, con las puertas cerradas y los vidrios levantados. Al término de varias horas, cuando abrimos las puertas del coche, sentimos inmediatamente que el interior está muy caliente. ¿Cómo es posible que



Ilustración: Luis Montiel



El océano de aire en el que vivimos y nos movemos, en el que se forja el rayo y se condensa la fértil lluvia, nunca puede ser para el celoso naturalista el objeto de contemplación indiferente.

Luke Howard (1774-1864),
farmacéutico y meteorólogo inglés.

las temperaturas exterior e interior no sean iguales, si los vidrios son transparentes? O, en otras palabras, ¿por qué la radiación infrarroja que proviene del exterior sí puede penetrar las ventanas del auto, pero la que se genera dentro del coche al calentarse en su interior no puede salir?

Así como la región de luz visible en el espectro electromagnético tiene un cierto ancho, la región de la radiación infrarroja tiene también un determinado ancho. En un extremo se encuentra la radiación infrarroja de longitud de onda corta y en el otro la radiación infrarroja de longitud de onda más larga. Todo cuerpo que esté a una determinada temperatura emite radiación infrarroja, sólo que la longitud de onda de ésta depende de la temperatura del cuerpo caliente que la emite. Si la temperatura del cuerpo es alta, como la de la superficie del Sol, que está a 5 500°C, la longitud de onda de la radiación infrarroja emitida es corta, mientras que si la temperatura del cuerpo es relativamente baja, digamos unos 60°C, la longitud de onda es larga. Ocurre que los vidrios son transparentes a la radiación infrarroja de longitud de onda corta, y opacos (es decir, no permiten su paso) a la radiación infrarroja de longitud larga. Por eso la radiación solar atraviesa los vidrios, pero no así la infrarroja que despiden el interior caliente del auto.

En la atmósfera se da este mismo efecto. El Sol envía radiación infrarroja de longitud de onda corta que atraviesa la atmósfera y llega a la Tierra, calentando la corteza terrestre y los mares. Una vez calientes, éstos generan radiación infrarroja de longitud de

onda larga de la Tierra hacia el exterior. Pero esta radiación no logra atravesar en su totalidad la atmósfera, ya que algunos gases como el dióxido de carbono y el metano interactúan con ella y la devuelven parcialmente a la superficie terrestre, como ocurre con los vidrios de un invernadero de plantas. Así, en el interior de las capas bajas de la atmósfera queda atrapada una cantidad de calor.

El principal gas que contribuye al efecto invernadero es el dióxido de carbono. Este gas se desprende al quemar maderas y combustibles fósiles como carbón de piedra, petróleo, gas y gasolina. Otros gases de invernadero son el metano, el óxido nítrico y el monóxido de carbono. El primero es un subproducto de la digestión de los animales y la putrefacción de los vegetales, la basura y desechos; el segundo es producido por los escapes de los automóviles y los fertilizantes usados para abonar el campo. El monóxido de carbono se genera cuando combustibles como la gasolina y la madera no se queman de manera eficiente.

Existe la preocupación de que el aumento en la quema de combustibles fósiles está incrementando la proporción de dióxido de carbono en la atmósfera y de esta forma se está aumentando su temperatura global por el efecto invernadero. Tal calentamiento se ha relacionado con un aumento en la incidencia de lluvias torrenciales e inundaciones en ciertas regiones, y con sequías más severas en otras; esto es, con un cambio climático.

Ante la gravedad del problema, se han realizado varios foros mundiales para intentar concertar algunos acuerdos que

Atmósferas extraterrestres

En otros planetas la atmósfera es muy diferente a la nuestra. En Venus, por ejemplo, no contiene vapor de agua y posee una enorme cantidad de dióxido de carbono, por lo que el calor queda atrapado haciendo que la temperatura en su superficie sea muy elevada, del orden de 480°C, suficiente para derretir el plomo. Por su parte, la Luna no tiene atmósfera; al no haber ahí aire ni agua no se presentan los fenómenos climáticos que regulen la temperatura. La falta de atmósfera hace que la Luna experimente temperaturas extremas que oscilan entre los -180°C durante la noche y 110°C durante el día, es decir, una variación diaria de casi 300°C!

reduzcan la cantidad de gases invernadero que emitimos a la atmósfera. Destaca el Protocolo de Kioto, que busca comprometer a los países a reducir este tipo de emisiones contaminantes, entre ellas las de dióxido de carbono. Es muy preocupante que países industrializados como los Estados Unidos y Rusia, productores de más del 50% de los gases invernadero, a la fecha no hayan suscrito este importante protocolo.

La tala de grandes extensiones de bosques tropicales también contribuye al calentamiento global del planeta, ya que los árboles absorben dióxido de carbono y producen oxígeno en el proceso de fotosíntesis. Al reducir las superficies arboladas se aumenta la proporción de este gas en la atmósfera. En la actualidad las selvas representan menos del 10% de la superficie continental del planeta.

La atmósfera vigilada

Entre las iniciativas para entender mejor los diversos factores que están contribuyendo al cambio climático que parece estar en progreso, y que puede llegar a afectar severamente la salud de nuestro planeta, destaca el programa multinacional y multidisciplinario *Earth Observing System* (Sistema de Observación de la Tierra), que inició sus operaciones científicas en febrero del año 2000. Este programa cuenta con un satélite, *Terra*, que con sus cinco sensores remotos mide y monitorea datos de diversos puntos de la parte continental, los océanos, glaciares y la atmósfera, incluida la capa de ozono.

Es importante ser sensibles a la creciente contaminación de nuestra atmósfera, tratando de limitar el uso indiscriminado de vehículos que usan derivados del petróleo como combustible, así como controlando y atenuando las emisiones de gases contaminantes que generan muchas industrias. Todos los que actualmente habitamos este planeta tenemos una gran responsabilidad en la preservación de nuestra atmósfera, de nuestros bosques y de nuestros mares, no sólo pensando en el presente sino en el futuro de la humanidad. 🗨️

Héctor Domínguez es físico, profesor en la UNAM, y autor de varios libros de divulgación de la ciencia para jóvenes. Actualmente se desempeña en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, también de la UNAM.

