

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA  
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**PROYECTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN  
CRÓNICA A FLUORURO Y ARSÉNICO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

PRESENTA:

**Q.F.B. BERTHA VICTORIA MONTER VISUET**

**DIRECTORA DE TESIS:**

DRA. MARÍA DEOGRACIAS ORTIZ PÉREZ

**ASESORES:**

M.C. LUZ MARÍA NIETO CARAVEO

DRA. ANA CRISTINA CUBILLAS TEJEDA

**AGOSTO 2012**



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA  
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

## MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**PROYECTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN  
CRÓNICA A FLUORURO Y ARSÉNICO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

PRESENTA:

**Q.F.B. BERTHA VICTORIA MONTER VISUET**

### COMITÉ TUTELAR:

**DIRECTOR:** DRA. MARÍA DEOGRACIAS ORTIZ PÉREZ \_\_\_\_\_

**ASESOR:** M.C. LUZ MARÍA NIETO CARAVEO \_\_\_\_\_

**ASESOR:** DRA. ANA CRISTINA CUBILLAS TEJEDA \_\_\_\_\_

### SINODALES:

**PRESIDENTE:** DRA. ANA CRISTINA CUBILLAS TEJEDA \_\_\_\_\_

**SECRETARIO:** M. C. LUZ MARÍA NIETO CARAVEO \_\_\_\_\_

**VOCAL:** DR. NAHUM ANDRÉS MEDELLÍN CASTILLO \_\_\_\_\_

## **CRÉDITOS INSTITUCIONALES**

**PROYECTO REALIZADO EN:**

**Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad  
Autónoma de San Luis Potosí**

**CON FINANCIAMIENTO DE:**

**Fondo de Apoyo a la investigación F12-FAI-03-70.70**

**A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:**

**Proyecto de educación ambiental para disminuir la exposición crónica a  
fluoruro y arsénico en el estado de San Luis Potosí**

**AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS**

**Becario No. 247888**

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO A TRAVÉS  
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC) DEL  
CONACyT**

***Dedico esta Tesis:***

*Al amor de mi vida: Alejandro, y  
A mis papás: Juanita y Humberto*

*Este logro es suyo también....*

***Agradecimientos***

*A Dios: por todas las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida, por permitirme compartir mi vida con mi hermosa familia y cumplir esta etapa, llena de alegrías, satisfacciones y aprendizajes.*

*A mi esposo: por ser mi compañero de vida, el cómplice de mis sueños, por hacer de cada uno de mis días una hermosa aventura, eres el mejor esposo del mundo.*

*A mis padres: por su amor y apoyo incondicional, no existen palabras para expresar el infinito amor que les tengo, son los mejores padres que una hija puede tener.*

*A mis hermanos: Por estar a mi lado cada día, disfrutando mis alegrías y sufriendo mis tristezas.*

*A mis abuelos y tía Ríca: por creer en mí y por todas las oraciones realizadas.*

*A la Dra. Pury: gracias por compartir conmigo este proyecto, por su infinita paciencia y por ser un ejemplo de vida y profesionalismo.*

*A la Maestra Lucy: por compartir sus conocimientos y experiencia, por brindarme su confianza, apoyo e interés hacia mi persona y a hacia este trabajo, es un modelo a seguir.*

*A la Dra. Cristina: por todos los conocimientos, orientaciones y tiempo compartido.*

*Al Dr. Nahum: por todas las observaciones proporcionadas que ayudaron a mejorar este trabajo.*

*A mis amigos de toda la vida, gracias por su apoyo y preocupación sincera y a los que iniciaron conmigo esta travesía, gracias por todos los momentos y enseñanzas compartidas.*

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Planteamiento del problema .....	2
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Contenido de la tesis .....	3
<b>CAPÍTULO I. FLUORURO Y ARSÉNICO .....</b>	<b>5</b>
1.1 Antecedentes generales de ambos contaminantes .....	5
1.2 Situación en México.....	6
1.3 Situación en el estado de San Luis Potosí.....	7
1.4 Fluoruro .....	8
1.5 Arsénico.....	11
1.6 Sistemas de tratamiento de agua para la remoción de fluoruro y arsénico .....	14
<b>CAPÍTULO II. EDUCACIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>18</b>
2.1 Historia de la educación ambiental .....	18
2.2 Modalidades de la educación ambiental.....	23
<b>CAPÍTULO III. EDUCACIÓN BÁSICA EN MÉXICO .....</b>	<b>24</b>
3.1 Reforma Integral de Educación Básica.....	28
3.2 Materiales educativos que tratan el tema del agua en Educación Básica .....	33
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
4.1 Revisión bibliográfica .....	34
4.2 Diseño instruccional de las guías .....	35
4.3 Consulta a expertos.....	38
<b>CAPÍTULO V. DISEÑO DEL PROYECTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN CRÓNICA A FLUORURO Y ARSÉNICO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ</b> .....	<b>39</b>
5.1 Características básicas del proyecto .....	39
5.2 Fases de desarrollo del proyecto.....	40
5.3 Contribución de los aprendizajes esperados al perfil de egreso .....	56
5.4 Prospectiva de las guías.....	57
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>58</b>
6.1 Problemática de fluoruro y arsénico en el agua de consumo humano.....	58
6.2 Propuesta educativa .....	59
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro No. 1 Tecnologías utilizadas para la remoción de arsénico .....	16
Cuadro No. 2 Modificaciones estructurales de la Ley Federal de Educación .....	26
Cuadro No. 3 Estándares Curriculares en Educación Básica .....	30
Cuadro No. 4 Mapa curricular de Educación Básica.....	32
Cuadro No. 5 Materiales educativos en el tema del agua.....	33
Figura No. 1 Modelo de diseño instruccional ADDIE .....	36
Figura No. 2 Fases para la producción de las Guías didácticas para el docente de Educación Básica .....	37
Figura No. 3 Factores implicados en el desarrollo de las Guías Didácticas para el docente de Educación Básica .....	41
Cuadro No. 6 Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar.....	46
Cuadro No. 7 Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria.....	48
Cuadro No. 8 Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria. Unidad 1.....	51
Cuadro No. 9 Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria. Unidad 1.....	53
Figura No. 4 Los aprendizajes esperados y su relación con la competencia a desarrollar .....	56

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad instituciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han declarado el acceso al agua potable segura como un derecho humano (ONU, 2010; OMS, 2002).

En México el máximo órgano administrador del recurso hídrico, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de manera teórica puntualiza como una necesidad prioritaria del hombre disponer de agua suficiente, salubre, aceptable y accesible sin embargo, también hace referencia a que el suministro de agua que se realiza a través de la red pública a los domicilios no necesariamente dispone de la calidad adecuada para consumo humano (CONAGUA, 2010 a). Esta situación se presenta en numerosos estados de la República Mexicana, un ejemplo de esta problemática se localiza en las zonas Altiplano, Centro y Media pertenecientes al estado de San Luis Potosí, regiones en las cuales se localizan numerosos acuíferos contaminados de manera natural con distintos rangos de concentración de fluoruro y/o arsénico y al ser utilizado este recurso como agua de consumo, la población está en riesgo de padecer graves daños a la salud debido a la exposición crónica a estos contaminantes (WHO, 2010; Vahter, 2008; Bocanegra, 2006; NCR, 2006; ATSDR, 2003; Smith *et al.*, 2000).

Abordar la problemática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico así como proponer soluciones que erradiquen el problema, se considera una situación compleja por las implicaciones sociales, económicas, políticas, educativas y culturales; reconocer la magnitud de la problemática también implica buscar alternativas que puedan contribuir a la solución. Como miembro de una comunidad educativa y como parte de este entorno social inmerso en esta circunstancia ambiental, se considera indispensable la difusión responsable y adecuada de la información así como llevar a cabo de manera inmediata las acciones preventivas.

Es por ello prioritario formar recursos humanos con los conocimientos, habilidades y valores para abordar el problema, dar a conocer la información de manera adecuada, así como enfatizar las medidas de prevención, por tal motivo se plantea la siguiente propuesta: "Proyecto de educación ambiental para disminuir la exposición crónica a fluoruro y arsénico en el estado de San Luis Potosí".

Esta propuesta está destinada a docentes de Educación Básica del estado de San Luis Potosí, con el objetivo de proporcionar las herramientas necesarias para dirigir en el aula el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática: Contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico, sus efectos a la salud y las medidas preventivas. Se considera que la puesta en práctica de este proyecto en el sector educativo puede tener importantes alcances por la influencia de la escuela como medio educador-socializador. Este proyecto se concreta con la creación de tres guías didácticas dirigidas específicamente a docentes frente a grupo del tercer grado de educación preescolar, del tercer grado de educación primaria y del primer grado de educación secundaria; las cuales proporcionarán los medios para contribuir a que los alumnos de dichos grados puedan actuar de manera adecuada ante algunas características ambientales en su entorno (presencia de fluoruro y arsénico en el agua de consumo).

## Planteamiento del problema

En San Luis Potosí, desde 1968 la Universidad Autónoma de San Luis Potosí reportó la presencia del elemento flúor, en algunos pozos que surten de agua subterránea a la ciudad de San Luis Potosí, a partir de ese hecho varios investigadores comienzan a evaluar las concentraciones de contaminantes presentes en el agua utilizada para el consumo humano, así como los efectos a la salud provocados por la exposición crónica a estos contaminantes. El flúor se presenta en el agua como el ion fluoruro (F<sup>-</sup>). La primera evaluación de las concentraciones de arsénico y fluoruro en la totalidad de los pozos que surten el agua de la ciudad, se realiza en el 2004 y a la par se construyen mapas con la cantidad de fluoruro y arsénico presentes en el agua que se surte como potable en la ciudad (Landín, 2006).

Esta información generó entre los círculos académicos una creciente preocupación por los efectos adversos provocados por la exposición crónica a fluoruro y arsénico; desde entonces se ha pensado en el intercambio y difusión de información como una medida preventiva que ayudará a que las personas conozcan los riesgos a los que están expuestos; se han observado resultados positivos (modificación de percepciones, hábitos y conductas) con este tipo de intervenciones en comunidades con esta problemática, sin embargo entre las limitantes de estos proyectos se puede mencionar que la información llega a un número limitado de personas, es decir sólo a las que forman parte de esa comunidad y muchas otras veces las conductas de riesgo vuelven a manifestarse tiempo después que la intervención se ha llevado a cabo.

Por lo tanto se propone formular un proyecto que incida en todas las comunidades de las regiones geográficas de nuestro estado que padecen esta problemática, a través del sistema educativo, pues la escuela es la institución con mayor presencia en el país. Dado que el trabajo de los profesores se despliega en un contexto específico (geográfico, histórico, político, cultural, social y familiar) es que su acción puede influir de manera directa en la forma de percibir un problema y formar parte de un proyecto de mejora de las condiciones de vida de su entorno.

Este proyecto pretende generar y fortalecer conocimientos, actitudes y valores acerca de esta problemática en los alumnos de Educación Básica, a través de la actividad de los docentes, es decir ofrecer orientaciones a los profesores acerca de una problemática social que no está contemplada en el plan y programas de estudios de Educación Básica y que es indispensable abordar para contribuir a formar individuos que promuevan y asuman el cuidado de la salud y del ambiente, así mismo la puesta en práctica de esta propuesta en el sistema educativo crea la expectativa que a cada año lectivo diferentes profesores y alumnos serán partícipes de los conocimientos acerca de la contaminación natural del agua subterránea por fluoruro y arsénico, incrementando con ello la difusión del problema y las medidas preventivas, además tomando en consideración el principio de la articulación de la Educación Básica, se abordan los conocimientos de manera progresiva en cada uno de los niveles que la componen y se atiende a la secuencia y gradualidad de dichos conocimientos.

## **Objetivo general**

Diseñar un proyecto de educación ambiental destinado a docentes de Educación Básica del estado de San Luis Potosí, para dirigir en el aula el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática: contaminación del agua subterránea (fluoruro y arsénico), sus efectos a la salud y las medidas preventivas.

## **Objetivos específicos**

1. Diseñar una “Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar”, tomando en consideración el grado de desarrollo de los niños de este nivel y creando situaciones de aprendizaje en torno a la temática: hábitos de higiene personal y cuidado del agua.
2. Diseñar una “Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria”, implementando estrategias y actividades de acuerdo al enfoque del aprendizaje significativo, que permitan incidir en el proceso enseñanza-aprendizaje en los temas: uso y consumo adecuado del agua.
3. Diseñar una “Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria”, implementando estrategias y actividades de acuerdo al enfoque del aprendizaje significativo, que permitan incidir en el proceso enseñanza-aprendizaje en los temas: contaminación natural del agua subterránea por fluoruro y arsénico.

## **Contenido de la tesis**

La tesis está conformada por seis capítulos, referencias bibliográficas y tres anexos.

En el Capítulo I se señalan las características generales del agua subterránea y se identifican al fluoruro y al arsénico como contaminantes tóxicos presentes en dicha agua, se mencionan diversos estudios que indican la presencia de fluoruro y/o arsénico en el agua de consumo de poblaciones a nivel internacional, nacional y en la región Altiplano, región Centro y región Media, así mismo se hace especial referencia a los efectos a la salud provocados por la exposición crónica a estos contaminantes.

El Capítulo II está dedicado al desarrollo histórico de la educación ambiental haciendo hincapié en como se ha interpretado la relación educación-ambiente a lo largo del tiempo, identificándose los objetivos, tópicos y valores a promover en cada una de las etapas mencionadas, también se describen diferentes modalidades de la educación ambiental.

En el Capítulo III se menciona la evolución histórica de la Educación Básica en México haciendo especial referencia a los principales enfoques y modelos educativos gestados de 1921 hasta nuestros días, como marco de interpretación para entender los principales conceptos y orientaciones que propone la Reforma Integral de Educación Básica (RIEB) insumos fundamentales de este trabajo.

En el Capítulo IV se indica la metodología utilizada para el desarrollo de esta investigación y se hace especial referencia al diseño instruccional que se utilizó como base para la producción de las Guías didácticas para el docente de Educación Básica que permitan abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico.

En el Capítulo V se explicita el diseño del Proyecto de educación ambiental para disminuir la exposición crónica a fluoruro y arsénico en el estado de San Luis Potosí y de las Guías didácticas para el docente de Educación Básica que permita abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico, a lo largo de este capítulo se describen los objetivos, características principales, estructura, contenido, estrategias didácticas y materiales utilizados.

El Capítulo VI está dedicado a la discusión de este trabajo.

En los Anexos 1, 2 y 3 se presenta la producción final de las guías para el docente de Educación Básica que permitan abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico (tercer grado de educación preescolar, tercer grado de educación primaria y primer grado de educación secundaria, respectivamente).

## CAPÍTULO I. FLUORURO Y ARSÉNICO

### 1.1 Antecedentes generales de ambos contaminantes

El agua es vital para la existencia del hombre, las primeras civilizaciones se asentaron alrededor de cauces y manantiales y desde ese momento el aprovechamiento y conservación de este recurso natural ha permitido garantizar su sobrevivencia; el agua superficial es una de las formas de abastecimiento que poseemos los humanos, en nuestro país es definida por la Modificación a la Norma Oficial Mexicana-127-SSA-1994 (NOM-127), como aquella que fluye sobre la superficie del terreno, o se almacena en embalses, sean naturales o artificiales (Moore et al., 2005; NOM-127, 2000).

En México los ríos y arroyos forman una red hidrográfica de 633,000 kilómetros, en la que destacan cincuenta ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial del país y cuyas cuencas cubren el 65% de la superficie territorial continental. Los ríos Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Lerma Santiago y Tonalá son responsables de dos terceras partes del escurrimiento superficial (CONAGUA, 2010 a). Sin embargo, la calidad del agua superficial se ha visto comprometida por actividades antropógenas; por ejemplo, las cuencas de los estados de Tabasco, Veracruz, Campeche y Chiapas se encuentran seriamente contaminadas, así como el Río Lerma Santiago, considerada la cuenca más contaminada de México, por lo tanto, estos grados de contaminación dificultan el buen aprovechamiento del mismo, llevando a utilizar cada vez más el agua de origen subterráneo (Alvarez).

El agua subterránea es aquella que se almacena y circula a través de las formaciones geológicas, constituye el almacenamiento más grande de agua dulce asequible en el mundo y en algunas áreas (regiones áridas) es la única fuente de abastecimiento, así mismo representa más del 0.5 % del total del agua en el planeta, excluyendo el hielo de los glaciares y casquetes polares, constituye el 97 % del agua dulce continental (Reboloso y Loeches, 2007; Moore et al., 2005). En México, alrededor del 75 % (228 m<sup>3</sup>/s) de agua para uso urbano, 75 % (59 m<sup>3</sup>/s) del agua que se incorpora a procesos industriales, así como cerca del 30 % (636 m<sup>3</sup>/s) del agua usada para riego, proceden de agua subterránea (Price, 2007). De acuerdo a reportes de la CONAGUA cerca del 28.9 miles de millones de m<sup>3</sup>/año de agua utilizada para abastecimiento público, industria autoabastecida, uso agrícola y termoeléctricas es de origen subterráneo (CONAGUA, 2010 b).

Etimológicamente la palabra “acuífero” proviene del latín: aqua-agua y ferre-llevar; se define como: formaciones geológicas permeables que permiten la fácil circulación de agua a través de espacios porosos, fracturas y fisuras interconectadas, los cuales poseen suficiente material permeable saturado como para suministrar cantidades significativas de agua hacia pozos o manantiales, además son esenciales para mantener la humedad del suelo, el nivel de los lagos, el flujo base de los ríos y los humedales (Moore et al., 2005).

El origen de las aguas subterráneas se encuentra en la precipitación atmosférica. Cuando la lluvia cae, una parte es utilizada por las plantas y el suelo, otra parte escurre hacia los cauces, otra se evapora y el resto se infiltra recargando el agua subterránea. Ésta se mueve a través del subsuelo como parte de un sistema dinámico de flujo desde las áreas de recarga hasta las áreas de descarga, como son los lagos, ríos, manantiales, humedales y océanos, por lo tanto toda extracción de agua subterránea se realiza a expensas de la descarga natural, sin embargo en

algunos casos el período necesario para que el acuífero se vuelva a llenar es muy largo, (entre cientos y miles de años) en comparación con el marco temporal de la actividad humana (Paris, 2007; Moore et al., 2005).

La composición química del agua subterránea está determinada principalmente por su tiempo de residencia en el acuífero (flujo local, intermedio o regional) y por las características de los materiales por donde circula, el agua como disolvente universal incorpora varios constituyentes de materiales a ésta, a mayor tiempo de contacto entre el agua y la roca, más minerales serán disueltos, otros factores de los cuales depende dicha disolución son la presencia de aniones y cationes así como la escala de pH. Por lo tanto los problemas más comunes de calidad del agua subterránea causados por constituyentes naturales son: alta salinidad, excesiva dureza, alta concentración de hierro o anhídrido sulfhídrico y la presencia de elementos potencialmente dañinos como fluoruro, arsénico, plomo, cromo, manganeso entre otros (Moore et al., 2005).

A pesar de que la Organización de las Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) han declarado el acceso a agua potable segura como un derecho humano y, a nivel nacional CONAGUA (2010 b) ha señalado como una necesidad prioritaria del ser humano disponer de agua suficiente, salubre, aceptable y accesible, actualmente se reconoce la contaminación del agua subterránea por la presencia de arsénico y fluoruro en países tales como Argentina, Canadá, Chile, China, Estados Unidos, Hungría, India, Italia, México, Pakistán, Vietnam, entre otros. Un porcentaje significativo de la población mundial, en la que se incluye México consume agua con concentraciones tóxicas de fluoruro (F<sup>-</sup>) y Arsénico (As), ocasionando severos daños a la salud (Ortega, 2009; Smith et al., 2000).

Mundialmente se han identificado numerosos acuíferos con concentraciones de As en agua superiores a 50 µg/L, por lo tanto la presencia de este elemento en el agua utilizada para el consumo humano representa una de las mayores amenazas para la salud, tal es el caso de Argentina, Bangladesh, Camboya, Chile, China, Hungría, México, Myanmar, Nepal, Rumanía, Taiwan, Vietnam y el suroeste de Estados Unidos (WHO, 2010; Smedley y Kinniburgh, 2002). La Organización Mundial de la Salud recomienda una concentración máxima de arsénico en agua de consumo de 10 µg/L (WHO, 2010) con este límite propuesto, la población mundial que puede estar afectada aumenta en el orden de millones, mientras la Modificación a la Norma Oficial Mexicana 127-SSA-1994 establece un límite máximo permisible de 0.025 mg/L (25 µg/L) (NOM-127).

Los efectos causados por la exposición crónica a fluoruros en el agua de consumo han sido reportados en numerosos países tales como, India, Indonesia, China, Japón, el Norte y Sur de África, Argentina, Arabia Saudita, Alemania, Brasil, Estados Unidos, Canadá, Europa, México, Senegal y Pakistan (NRC, 2006; Jolly et al., 1969), en México el valor admitido como máximo es de 1.5 mg F-/L (NOM, 127).

## 1.2 Situación en México

En varios estados de la República Mexicana la población utiliza agua de consumo contaminada con fluoruro y/o arsénico. Por ejemplo, en la Comarca Lagunera, región localizada en los estados de Durango y Coahuila, el agua subterránea es un importante recurso para el abastecimiento de agua de consumo humano y se ha encontrado que la presencia de As en dicha agua ha ocasionado graves problemas crónicos a la salud. En estudios realizados en aguas subterráneas de las ciudades de Hermosillo, Etchojoa, Magdalena y Caborca del estado de Sonora han

encontrado concentraciones de As en un intervalo de 2 a 305 µg/L, identificándose también concentraciones altas de F<sup>-</sup> de hasta 7.4 mg/L, observando una asociación positiva entre el As y F<sup>-</sup> (Smedley y Kinniburgh, 2002).

Así mismo se reportan a los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato y Aguascalientes como áreas geográficas con hidrofluorosis endémica; un estudio realizado en el estado de Jalisco también revela concentraciones de fluoruros en el agua de consumo en un intervalo de 0.1 a 17.7 mg/L (Hurtado y Gardea 2005; Díaz-Barriga *et al.*, 1997).

### 1.3 Situación en el estado de San Luis Potosí

En 1997 se reportó la presencia de fluoruros y arsénico en el agua utilizada para uso y consumo humano del estado de San Luis Potosí (S.L.P.). En la ciudad capital, se analizaron 499 muestras de agua de grifo pertenecientes a cuatro áreas del municipio, clasificadas de acuerdo a los niveles de fluoruro en el agua y la prevalencia de fluorosis dental en niños de entre 11 y 13 años de edad, donde se encontraron concentraciones de fluoruro desde 0.3 a 4.5 mg F<sup>-</sup>/L y una clara relación entre las concentraciones de fluoruro y prevalencia de fluorosis dental, por lo tanto la zona no. 1, cuya concentración media de fluoruro fue de 0.9 ppm obtuvo una prevalencia de fluorosis dental del 76 %, mientras que la zona no. 4 catalogada como de muy alto riesgo (3.96 ppm de F<sup>-</sup>) presentó un 96 % de prevalencia de fluorosis dental (Grimaldo *et al.*, 1997).

En la ciudad de San Luis Potosí de 2004 a 2006, Landín realiza la evaluación de la calidad del agua de 91 pozos de origen subterráneo y determina que el 71.43 % de las muestras excede la concentración de 1.5 mg F<sup>-</sup>/L, con un intervalo de 0.35 a 4.16 F<sup>-</sup>/L. En el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, de 23 pozos estudiados, el 35.71 % de las muestras exceden el límite permisible, con un intervalo de concentración de 0.34 a 3.07 mg/L (Landín, 2006). La concentración de As en todas las muestras fue menor al límite permisible en México de 0.025 mg As/L, sin embargo en 62 de los 124 pozos muestreados, el valor se localiza arriba de 0.010 mg As/L recomendado por la Organización Mundial de la Salud (WHO,2008).

En un estudio realizado por Bocanegra en el 2006 se determinaron las concentraciones de As y F<sup>-</sup> en 237 muestras de agua de pozo para uso y consumo humano de 157 localidades pertenecientes a 33 municipios de las zonas Altiplano, Centro y Media del estado de San Luis Potosí y se encontró que el 28.8 % de las muestras sobrepasan el límite máximo permisible para F<sup>-</sup> de 1.5 mg/L, de acuerdo a la Modificación a la NOM-127-SSA-1994 (NOM-127). Las localidades con concentraciones de F<sup>-</sup> por encima del valor permitido están ubicadas en los municipios de Charcas, Guadalcázar, Mexquitic de Carmona, Moctezuma, Salinas de Hidalgo, Santa María del Río, Santo Domingo, Villa de Arriaga, Villa de Guadalupe, Villa de Ramos, Villa de Reyes, Villa de Zaragoza y Villa Juárez (Bocanegra, 2006).

Con respecto al arsénico, la Modificación a la NOM-127-SSA-1994 establece un límite máximo permisible de 0.025 mg As/L y el 11.11% de las muestras sobrepasan este valor, las cuales se localizan en ocho municipios: Ahualulco, Charcas, Guadalcázar, Mexquitic de Carmona, Salinas de Hidalgo, Santo Domingo, Villa de Guadalupe y Villa de Ramos (Bocanegra, 2006).

De acuerdo a los resultados anteriores, se estimó que 61,730 habitantes en estas zonas del estado de San Luis Potosí se abastecen con agua cuyo contenido de F<sup>-</sup> rebasa los límites permitidos por la Modificación a la NOM-127-SSA-1994, 12,840 habitantes consumen agua con concentraciones no permisibles de As y 13,080 habitantes se abastecen de agua con

concentraciones de F<sup>-</sup> y As por arriba de los límites máximos que marca la norma, por lo anterior alrededor de 75,000 habitantes de los 33 municipios evaluados (no se incluye a la capital) pueden presentar daños a la salud derivados de la exposición crónica a estos contaminantes de los cuales 27,403 habitantes son niños (Bocanegra, 2006).

Bocanegra también refiere la evaluación de riesgo en salud en cuatro localidades del estado de S.L.P., mediante los biomarcadores de exposición: fluoruro y arsénico en orina, destacando que en la localidad La Reforma, perteneciente al municipio de Salinas de Hidalgo, el 80% de la población infantil, presenta concentraciones mayores a los 4 mg F<sup>-</sup>/g creatinina, nivel máximo ocupacional que recomienda el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacionales (NIOSH); en la localidad de Santa Matilde, perteneciente al municipio de Santo Domingo el 60 % de la población supera este nivel, así como en la cabecera municipal de dicho municipio con 58 %. Estos porcentajes indican que de continuar la exposición, la población infantil presentará fluorosis esquelética en un período de veinte años. Con respecto al Arsénico se concluyó que existe riesgo de 1 hasta 35 veces de presentar hiperpigmentación, queratosis y posible complicación vascular por la exposición a As (Bocanegra, 2006).

En el 2010 se encontró que el agua de grifo de la localidad El Fuerte, localizada en el municipio de Santa María del Río, S.L.P, posee concentración de fluoruros de 2.8 mg/L, la cuantificación de fluoruro urinario se realizó en 38 niños cuyas edades oscilaron entre 5 y 12 años de edad, el muestreo inicial presentó una concentración media de fluoruros de 3.56 mg/L, con un rango de concentraciones entre 0.7 y 12 mg F<sup>-</sup>/L. De acuerdo al parámetro establecido por Usuda *et al.*, (2007) de 0.2 a 1.6 mg F<sup>-</sup>/L para individuos sanos japoneses no expuestos a dicho contaminante, se encontró que el 87.3 % de los individuos muestreados están expuestos a fluoruro y se observó una prevalencia del 100 % de fluorosis dental en los niños, de los cuales el 80 % presentó grado severo (Castillo, 2010).

En la comunidad de Salitral de Carrera en Villa de Ramos, al analizar el agua de grifo utilizada para el consumo humano, se encontraron los siguientes rangos de concentraciones de arsénico  $170 \pm 15.6 \mu\text{g/L}$  y un rango de  $4.8 \pm 0.4 \text{ mg/L}$  de fluoruro. En la evaluación de la exposición a través de la orina realizada a 215 niños con un intervalo de edades entre 5 a 12 años, el valor de la mediana fue de 4.2 mg F<sup>-</sup>/L y un rango desde 0.62 a 14.99 mg/L, para el arsénico se encontró una mediana de 25.6  $\mu\text{g/L}$  con un rango de 18.6 a 154.9  $\mu\text{g/L}$ . Al realizar la evaluación de fluorosis dental se encontró una prevalencia del 100% de niños con fluorosis grado severo (Castillo, 2010).

## 1.4 Fluoruro

### 1.4.1 Características generales

El elemento flúor es considerado el agente oxidante más potente y el elemento más electronegativo (90 kcal/mol) de la tabla periódica, es sumamente reactivo, característica que le confiere la capacidad de disolverse de la roca del acuífero e incorporarse al agua en forma de iones fluoruro, esta disolución depende de otros factores como la presencia de aniones y cationes como calcio, magnesio, aluminio y hierro; en la naturaleza se encuentra asociado a minerales formando fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) y apatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ) (NRC, 2006; Córdoba, 2000). Los efectos naturales de interacción agua-material geológico ocasionan elevadas concentraciones de fluoruro disueltas en el agua subterránea (Price, 2007).

## 1.4.2 Vías de exposición

La Organización Mundial de la Salud indica que la exposición a fluoruros puede presentarse a través del aire debido a la producción de fertilizantes, cenizas de carbón y a la actividad volcánica; por medio de la ingesta de productos dentales, soluciones y geles para tratamiento tópico así como tabletas, por el consumo de hortalizas y frutas como las hojas de té negro y verde que poseen altos niveles de fluoruro (hasta 400 mg.kg<sup>-1</sup> de peso seco) y lo más preocupante, el agua de consumo y los alimentos cocinados con dicha agua suelen ser los mayores contribuyentes a la ingesta diaria de iones fluoruro (WHO, 2006 a).

## 1.4.3 Toxicocinética de los fluoruros

Del 75 al 90% del fluoruro ingerido es absorbido a través del tracto gastrointestinal, que se incrementa cuando el pH se encuentra por debajo del pKa del HF que es de 3.64. Se distribuye rápidamente por todo el cuerpo, la concentración máxima en el plasma se observa de 30 a 60 minutos después de la ingestión. Debido a que los fluoruros no se unen a proteínas ni a lípidos, existe un descenso rápido en las concentraciones plasmáticas (NCR, 2006).

Aproximadamente el 50% del fluoruro absorbido es retenido y el otro 50% es eliminado por vía renal. Del 50% del fluoruro que se retiene, el 99% se deposita en zonas ricas en calcio como dientes (esmalte y dentina), donde se incorpora a la red cristalina así como en huesos, en los cuales los fluoruros reemplazan los iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>) asociados a la hidroxiapatita dando como resultado la formación de la fluoroapatita, ésta se incorpora rápidamente en el tejido óseo en formación o remodelación, por lo que su captación es mayor en individuos jóvenes y las concentraciones más altas en los huesos se pueden encontrar en los huesos esponjosos así como zonas de recambio como la metáfisis, periostio y las superficies endosteicas. El 1% restante es retenido en órganos blandos como cerebro y testículos. Esta afinidad aumenta en los recién nacidos y niños en crecimiento, ya que en los primeros, cerca del 90% del fluoruro absorbido es retenido en hueso (Castillo, 2010; NRC,2006; Cuenca y Baca, 2005).

## 1.4.4 Efectos a la salud

Los daños a la salud más estudiados del fluoruro son los ocasionados a diente y hueso (fluorosis dental y esquelética), esto se explica por el porcentaje acumulado en tejido óseo. Sin embargo las pequeñas cantidades depositadas en tejidos blandos como cerebro, testículo y riñón ocasionan efectos neurológicos, reproductivos y renales de los cuales actualmente existe evidencia internacional con estudios bien respaldados (NRC,2006; ATSDR, 2003).

### 1.4.4.1 Fluorosis dental

Es una condición irreversible en los dientes en formación; en la cual el flúor tiene un efecto citotóxico en los ameloblastos (células que generan el esmalte) y en conjunto con el calcio y fósforo forman una apatita anómala denominada fluoroapatita, se caracteriza por un moteado de color blanco, amarillo o café oscuro en el esmalte de los dientes según el grado de severidad, en los casos más graves el esmalte se vuelve frágil, astillable con tendencia a destruirse causando caries, lesiones y cavidades. (Hidalgo-Gato *et al.*, 2007; Loyola *et al.*, 2000).

#### 1.4.4.2 Fluorosis esquelética

La exposición crónica a altas concentraciones de fluoruros puede ocasionar la enfermedad denominada fluorosis esquelética, en la cual se producen cambios en la estructura del hueso incrementando su densidad ósea, los fluoruros estimulan el reclutamiento y proliferación de los osteoblastos o impiden la resorción del hueso al formar un mineral tisular menos soluble, un hueso que tiene retenido fluoruro se hace 40% más sensible a la tensión, los cambios tempranos involucran alargamiento radiográfico de las trabéculas en la espina lumbar, los síntomas de las siguientes tres fases van desde dolores ocasionales, pérdida de movimiento en las articulaciones, osteoesclerosis en la pelvis y en la columna vertebral hasta la calcificación de los ligamentos, deformidades en la columna y efectos neurológicos secundarios a la compresión de los nervios a nivel columna vertebral (Hidalgo-Gato *et al.*, 2007; ATSDR, 2003).

#### 1.4.4.3 Efectos neurotóxicos

Numerosos estudios indican que la exposición a fluoruros puede desencadenar efectos neurotóxicos, demostrando la relación que existe entre las altas concentraciones de fluoruro y la disminución del coeficiente intelectual (CI) en niños (Xiang *et al.*, 2003; Lu *et al.*, 2000; Zhao *et al.*, 1996; Li *et al.*, 1995). En China se llevó a cabo un estudio con un total de 118 niños entre 10 y 12 años de edad, de los cuales 60 pertenecían a una zona con altas concentraciones de fluoruro en el agua de consumo ( $3.15 \pm 0.61$  mg F-/L) y 58 niños vivían en una zona con bajas concentraciones de dicho elemento ( $0.37 \pm 0.04$  mg F-/L), se evaluó el coeficiente intelectual del total de los niños mediante la prueba Combinada de Raven ajustada al país, obteniéndose que la media del CI de los niños que se abastecen de agua con concentraciones altas de fluoruro, fue significativamente menor que la de los niños que viven en la zona con concentraciones bajas de fluoruro en el agua de consumo, así mismo se encontró una relación inversa entre el fluoruro urinario y el CI (Lu *et al.*, 2000). En un estudio realizado por Rocha-Amador, se evaluó el funcionamiento intelectual de 132 niños de 6 a 10 años de edad, pertenecientes a cuatro comunidades rurales de la República Mexicana, las cuales se clasificaron en dos grupos, una con altas concentraciones de F<sup>-</sup> en el agua de consumo (*Salitral de Carrera, S.L.P.*,  $5.3 \pm 0.18$  mg F-/L, *Col. 5 de Febrero, Dgo.*,  $9.4 \pm 1.1$  mg F-/L) y la otra con bajas concentraciones de F<sup>-</sup> (*Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.*,  $0.7 \pm 0.3$  mg F-/L, *Moctezuma, S.L.P.*,  $1.1 \pm 0.01$  mg F-/L), encontrándose que las funciones cognitivas afectadas por el F<sup>-</sup> fueron el lenguaje, la comprensión, la memoria a largo plazo y la organización visoespacial, también se observó una asociación inversa entre las concentraciones de F<sup>-</sup> en orina y los puntajes en el CI (Rocha-Amador *et al.*, 2007).

#### 1.4.4.4 Efectos Reproductivos

Estudios realizados en animales de experimentación y en humanos han demostrado la toxicidad reproductiva del fluoruro; ratas expuestas a dosis de 10 mg/kg/día de fluoruro de sodio (NaF) por vía oral durante 50 días, presentan una reducción de la acrosina y la hialuronidasa acrosomal del espermatozoide, enzimas clave en el proceso de fecundación, así como daño acrosomal y deflagelación, dichas alteraciones llevan a una declinación en la movilidad del esperma (Narayana y Chinoy, 1994); Zhao *et al.* encontraron en 55 ratas expuestas por vía oral a concentraciones de 100 mg/L y 200 mg/L de NaF en el agua de consumo durante 6 semanas, niveles disminuidos de testosterona en suero (Zhao *et al.*, 1995).

En un estudio realizado por Susheela y Jethanandani, observaron en 30 hombres afectados con fluorosis esquelética una disminución significativa de los niveles de testosterona sérica en dichos pacientes respecto del grupo control (Susheela y Jethanandani 1996); Ortiz-Pérez *et al.* realizaron un estudio donde la población analizada (160 hombres) se encontraba expuesta ocupacional y ambientalmente a fluoruros, en los cuales se observó un aumento significativo de FSH ( $P < 0.05$ ) y una disminución de testosterona libre e inhibina-B ( $P < 0.05$ ), considerando un daño en las células de Sertoli, ya que estos valores son considerados como un biomarcador de daño específico a estas células (Ortiz-Pérez *et al.*, 2003).

## 1.5 Arsénico

### 1.5.1 Características generales

Es un elemento distribuido ampliamente en la corteza terrestre, se clasifica químicamente como un metaloide es decir, posee tanto propiedades metálicas como no metálicas, en la naturaleza lo podemos encontrar en su forma inorgánica combinado a elementos como oxígeno, cloro y azufre y en forma orgánica cuando se une a carbono y/o hidrógeno (ATSDR, 2007).

### 1.5.2 Origen

En condiciones naturales, el rango mayor y las concentraciones más altas de Arsénico se encuentran en el agua subterránea como resultado de la fuerte interacción agua-roca, y la tendencia en los acuíferos a desarrollar condiciones físicas y químicas favorables para la movilización y acumulación de dicho elemento (Smedley y Kinniburgh., 2002). Dichas condiciones pueden presentarse tanto en ambientes oxidantes como en ambientes reductores. Factores como la erosión física, química o microbiológica en ambientes acuosos en rocas formadas por minerales que contienen arsénico, son los responsables de la liberación de dicho elemento (Litter y Bundschuh, 2010).

De acuerdo a Litter y Bundschuh, las condiciones geográficas, geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas y climáticas son aspectos que sirven para clasificar áreas donde se encuentran acuíferos con concentraciones de arsénico entre las que destacan:

1. Las rocas formadas desde el Terciario a una edad reciente, denominadas rocas volcánicas jóvenes y sus productos de erosión pueden formar acuíferos que habitualmente presentan condiciones oxidante o moderadamente reductoras ( $Eh > 0$  mV) las cuales pueden presentar altas concentraciones de As disuelto en el agua, como en el caso del cinturón volcánico del Pacífico, áreas como la Cordillera de los Andes, la de América Central y la de América del Norte; las del área del Mediterráneo (Italia, Grecia, Turquía, Islas Canarias, Marruecos) y las del Valle de la Falla Africana del Este.
2. Sedimentos que más tarde pueden formar acuíferos contaminados con As, producto de la erosión de las rocas del cinturón cercano a los volcanes que son transportados por procesos eólicos y fluviales a grandes distancias, ejemplo la Llanura Chaco-Pampeana de Argentina.
3. Áreas ricas en minerales con condiciones oxidantes y bajos niveles de pH, propicia que el As se libere de los sulfuros, tal es el caso de la Cordillera de los Andes, la Cordillera de América Central y del Norte, en el cinturón volcánico Transmexicano, en el cinturón de los Apalaches, las montañas Variscias de Europa, la península Central Balcánica, en Siberia, en Albania, en Ghana y en Nigeria.

4. Rocas como esquistos y granito provenientes del Pre-Terciario que al erosionarse contribuyen a la formación de aguas subterráneas ricas en As.
5. Aguas termales ricas en As, fumarolas, emisiones de volcanes contribuyen a la mezcla de As con cuerpos de agua superficial y subterránea.
6. Los principales factores para la movilización geoquímica del arsénico en un ambiente oxidante son: desorción de As a altos pH ( $\text{pH} \geq 8$ ) y la oxidación de sulfuros a bajos pH ( $\text{pH} << 7$ ).

Los climas áridos o semiáridos pueden contribuir a la génesis de agua subterránea rica en As, debido al aumento de concentración de As en agua por la evaporación, como ejemplos se citan el norte de Chile, la llanura Chaco-Pampeana de Argentina, los acuíferos del desierto de Carson en Nevada, EE.UU. y del sur del valle de San Joaquín en California, EE.UU. (Litter y Bundschuh, 2010).

### 1.5.3 Vías de exposición

Debido a la distribución en el ambiente del arsénico las principales rutas de exposición son la inhalación y la ingesta; dependiendo del sitio, las condiciones climáticas y la industrialización, los niveles de arsénico en el aire pueden variar entre 1 a 2,000 ng As/m<sup>3</sup> aire. El agua de consumo representa la principal vía de exposición a niveles elevados de arsénico inorgánico, otras fuentes son los alimentos preparados con dicha agua, alimentos como mariscos (se encuentra como arsenobetaína), arroz, cereales de arroz, hongos y aves de corral, algas marinas; reportándose que el nivel de arsénico inorgánico, que entra al cuerpo procedente de dichas fuentes es de aproximadamente 3.5 µg al día (ATSDR, 2007).

### 1.5.4 Toxicocinética del arsénico

La absorción del arsénico ocurre principalmente a través del tracto gastrointestinal, absorbiéndose alrededor del 90 % de la dosis ingerida, se distribuye rápidamente por sangre con una acumulación inicial en hígado, riñón, pulmón y bazo; el As (III) se une preferentemente a los grupos sulfhidrilo de proteínas como la queratina, depositándose preferentemente en pelo y uñas; tanto el As trivalente y pentavalente (después de reducirse a trivalente) son metilados en el organismo a ácido monometilarsónico y dimetilarsénico, las cuales son las formas de excreción, su eliminación es principalmente por vía urinaria, alrededor de 45 – 85 % en un tiempo de 1 – 3 días (Foá *et al.*, 1987).

### 1.5.5 Efectos a la salud

Los efectos adversos provocados por la exposición crónica al As que se han reportado a nivel internacional incluyen: lesiones en la piel, cambios en la pigmentación sobre todo en la parte superior del pecho, en brazos y piernas, así como queratosis de las palmas de las manos y plantas de los pies, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, enfermedad vascular periférica, neuropatía periférica, síntomas gastrointestinales, conjuntivitis, enfermedades pulmonares, depresión de la médula ósea, destrucción de eritrocitos, así como efectos neurológicos y renales (WHO, 2010; Vahter, 2008; Smith *et al.*, 2000). La capacidad del arsénico para atravesar placenta ocasiona efectos en el producto tales como abortos espontáneos, nacimiento prematuro y muerte fetal, cuando la madre está expuesta a concentraciones crónicas de arsénico (WHO, 2010).

### 1.5.5.1 Efectos cancerígenos

El Departamento de Salud y Servicio Humanos de Estados Unidos (HHS) y la Environmental Protection Agency (EPA) han reconocido que el arsénico es una sustancia carcinógena para los seres humanos; la International Agency for Research on Cancer (IARC) lo ha clasificado junto con sus compuestos como “carcinógeno humano” del Grupo I, es decir, existe suficiente evidencia de su efecto carcinógeno en humanos; se ha visto que los cánceres predominantes son de piel, vejiga y pulmón, usualmente con un período de latencia de aproximadamente 10 años (WHO, 2010; ATSDR, 2007; Abernathy *et al.* 1999)

Alrededor del mundo se han desarrollado estudios que demuestran el potencial cancerígeno del As, por ejemplo, en el norte de Chile se estima que entre el 5 al 10 % de las muertes en las personas mayores de 30 años a causa de cáncer de pulmón y vejiga están asociados al As, con una exposición de 10 a 20 años a concentraciones de 500 µg As/L (Smith *et al.*, 2000). En Córdoba, Argentina, se encontró un incremento en el riesgo de padecer cáncer de vejiga en población expuesta a 178 µg As/L.

### 1.5.5.2 Efectos neurotóxicos

Hay evidencia que sugiere que la exposición al arsénico puede estar asociada con deficiencias intelectuales en los niños. Wasserman *et al.* realizaron una evaluación transversal de la función intelectual en 201 niños de 10 años de edad que consumían agua con una concentración promedio de arsénico de 0.118 mg/L y se observaron diferencias significativas en la escala de inteligencia de Wechsler entre los grupos de baja y alta exposición (ATSDR, 2007).

Los resultados de Wasserman son consistentes con los de los estudios realizados en los niños de Taiwan y de China, este último efectuado en 87 niños entre 8 a 12 años de edad que consumían agua con una concentración promedio de 0.19 mg As/L quienes tuvieron una puntuación media del CI de 95 en comparación con 101 para los niños con un consumo de agua con 0.142 mg As/L (n = 253) y 105 del CI para niños del grupo control (n = 196) con un consumo de agua con niveles de arsénico en 0.002 mg/L (ATSDR, 2007), encontrándose una diferencia significativa entre los dos grupos expuestos y el grupo control.

Rocha-Amador evaluó el funcionamiento intelectual de 132 niños de 6 a 10 años de edad, clasificándolos en grupos de baja y alta concentración de As en el agua de consumo. Las comunidades estudiadas de alta exposición: Salitral de Carrera, S.L.P.,  $0.169.5 \pm 0.016$  mg As/L; Col. 5 de Febrero, Dgo.,  $0.200 \pm 0.084$  mg As/L ; mientras que las de baja exposición fueron: Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.,  $0.006 \pm 0.0012$  mg As/L y Moctezuma, S.L.P.,  $0.0045 \pm 0.0015$  mg As/L, encontrándose que las funciones cognitivas afectadas por el As en los niños fueron el lenguaje y la organización visoespacial, también se observó una asociación inversa entre las concentraciones de As en orina y los puntajes en el CI (Rocha-Amador *et al.*, 2007).

### 1.5.5.3 Su asociación con la diabetes

Existe suficiente evidencia que relaciona la exposición crónica al As por el agua de consumo y la prevalencia de diabetes; en un estudio realizado en Bangladesh se encontró una prevalencia significativa de diabetes mellitus en sujetos con queratosis que vivían en áreas con exposición a arsénico a través del consumo de agua en comparación con sujetos que vivían en zonas en donde no se encontraba presente el As en el agua de consumo (Rahman *et al.*, 1998). En el 2003 se llevó a cabo un estudio de casos y controles en una región endémica de Coahuila,

México, el cual incluyó 200 casos y 200 controles, evidenciándose que los sujetos con concentraciones intermedias de arsénico total en orina de 63.5 - 104 µg/g de creatinina presentaban un riesgo dos veces mayor de tener diabetes tipo 2 (Coronado-García *et al.*, 2007).

## 1.6 Sistemas de tratamiento de agua para la remoción de fluoruro y arsénico

A continuación se describen de manera general las principales tecnologías disponibles para la remoción del arsénico y fluoruro en el agua para el consumo humano:

1. Ósmosis inversa: Proceso mediante el cual se ejerce presión para hacer circular el agua a través de una membrana semipermeable invirtiendo el flujo osmótico normal. Las membranas son muy selectivas, restringen el flujo del soluto y permiten el flujo del solvente (Trejo y Hernández, 2004). Esta técnica tiene una eficiencia de remoción del 98% de arsénico disuelto; el rendimiento del proceso con ósmosis inversa es afectado principalmente por la presión, temperatura, presencia de otros elementos en el agua (hierro, manganeso, sílice, cloro etc.) y concentraciones iniciales de F<sup>-</sup> o As. Entre sus principales desventajas se encuentra el costo por el consumo constante de reactivos y la reposición de la membrana semipermeable después de 3 ó 4 años, entre otros factores por la presencia de agentes oxidantes como el cloro que la deterioran, también se debe considerar el posterior tratamiento del agua remanente del proceso ya que posee altas concentraciones de sales y de iones de fluoruro y arsénico (Benitez, 2008).

2. Coagulación y precipitación: Uno de los procesos más representativos que se rige bajo este principio es el denominado Nalgonda, fue desarrollado y adaptado para ser utilizado en el hogar o la comunidad por el National Environmental Engineering Research Institute (NEERI) en India, en el cual se añade y disuelve el sulfato de aluminio en el agua con una agitación que asegure la mezcla inicial ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) posteriormente se producen micro-flocs de hidróxido de aluminio los cuales se aglomeran en grandes flóculos que son fáciles de sedimentar, se adiciona también cal para asegurar un pH neutro en el agua tratada; con este proceso se eliminan parcialmente los iones de fluoruro y arsénico por la unión electrostática a los flóculos. Como este proceso se realiza generalmente sin aparatos y a nivel doméstico sus principales desventajas son el error u omisión en el proceso o mal manejo de los reactivos por parte del operario (WHO, 2006 a; Trejo y Hernández, 2004). Los factores que afectan la eficiencia del proceso son: tipo y dosis del coagulante, tipo de mezcla, pH, temperatura, presencia de otros solutos inorgánicos (fosfatos, carbonatos, sulfatos y calcio) y en el caso del arsénico el estado de oxidación en que se encuentre (Benitez, 2008).

3. Intercambio iónico: Proceso fisicoquímico que permite el intercambio de iones entre una fase líquida y una sólida (resinas-matriz polimérica de enlace cruzado), la solución se pasa a través del lecho hasta que se satura ya que los grupos funcionales de F<sup>-</sup> y As se adhieren a la matriz a través de enlaces covalentes, la resina se reactiva con una solución de regenerante que lleva a los contaminantes retenidos para su disposición como efluente líquido; entre los factores a considerar en este proceso destacan: pH, presencia de otras especies iónicas, capacidad de intercambio g F<sup>-</sup> o As /lt de resina, concentración y tipo de inyección regenerante, cantidad de regenerante por ciclo, ensuciamiento de las resinas por materia orgánica o particulada (Benitez, 2008; Trejo y Hernández, 2004).

4. Adsorción con alúmina activada: La alúmina activada es un material poroso con una superficie de contacto producida por el calentamiento de los precursores del hidróxido de aluminio, existen varios tipos de alúmina dependiendo de su temperatura de activación (Trejo, *et al.*, 1999). Leyva-

Ramos *et al.* (2008) encontraron que el pH (máximo 4) era un factor determinante en la capacidad de adsorción de fluoruros de las alúminas activadas preparadas a partir de pseudobohemita, el efecto del pH se atribuyó a las interacciones electrostáticas entre la superficie de la alúmina activada y el fluoruro en solución, otros factores que afectan el porcentaje de remoción de fluoruros con alúmina activada son: el tiempo de secado de la pseudobohemita utilizada para la obtención de los conglomerados esféricos de alúmina, tiempo de activación de los conglomerados esféricos de la alúmina, tiempo de secado de la pseudobohemita y tiempo de maduración de los conglomerados esféricos de la alúmina (Trejo, *et al.*, 1999).

5. Adsorción con carbón animal: En esta técnica se utiliza el carbonizado de hueso de res, cerdo, pollo o pescado ya que en contacto con el agua es capaz de adsorber de manera limitada una amplia gama de contaminantes debido a su composición química: hidroxiapatita  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$  utilizándose de un 57-80 % de fosfato de calcio, 6-10 % de carbonato de calcio y 7-10% de carbón activado. Entre sus limitaciones más importantes se encuentra que la remoción y la calidad del agua tratada dependen en gran medida del proceso de elaboración del carbón por lo tanto si éste se encuentra mal preparado el agua puede saber y oler a carne podrida, los siguientes factores inciden en una pobre calidad en el carbonizado de huesos: temperatura demasiado baja y corta dan como resultado una carbonización insuficiente, admisión de oxígeno con lo cual se efectúa el proceso de calcinación en lugar de carbonización, sobrecalentamiento de los huesos y calentamiento no homogéneo (WHO, 2006 a; Trejo y Hernández, 2004).

En el Cuadro No. 1 se presenta una comparativa de las tecnologías utilizadas para la remoción de arsénico.

**Cuadro No. 1. Tecnologías utilizadas para la remoción de arsénico-Tomado de Benitez, 2008**

Tipo de tecnología	Ventajas	Desventajas
Ósmosis inversa	Remoción > al 95% Efectivo para la remoción de otros compuestos y sólidos totales Calidad constante Equipamiento compacto y automatizado	Baja recuperación de agua. Descarga de concentración de agua. Generalmente no remueve As <sup>3</sup> . Mayor inversión de capital. Cuidado en pre tratamiento.
Coagulación y precipitación	Hasta 90% remoción de As <sup>5</sup> Ideal para aguas con alto contenido de Fe y Mg Baja inversión de capital	Operación costosa y complicada. Requiere operadores entrenados. La eficiencia depende del tipo y dosis del coagulante. Limitada remoción de As <sup>3</sup> .
Intercambio iónico	Remoción del 95% No requiere ajuste de pH Óptimo para aguas con alto contenido de As y pH alto Óptimo para aguas con bajos niveles de sulfato y carbonato	La presencia de sulfatos, sólidos disueltos totales, selenio, fluoruro y nitratos compiten con el As y afectan la carrera. Los sólidos suspendidos y precipitados de hierro tapan el medio. Altos costos de inversión y operación No remueven As <sup>3</sup> .
Adsorción con alúmina activada	Eficiencia del 95% Tecnología comercialmente disponible Alta remoción de As <sup>5</sup> aún con sólidos disueltos totales	Competencia con sulfatos y cloruros Necesidad de ajustar pH Problemas con la regeneración del 5 al 10% de pérdida.

Posterior al análisis de las diferentes técnicas de remoción de fluoruro y arsénico se indica que de acuerdo a las características geológicas particulares de las regiones con arseniosis o hidrofluorosis en México y sus condiciones socioeconómicas, no se puede determinar la implementación de una técnica única para todas las localidades afectadas, las técnicas de ósmosis inversa e intercambio iónico no son factibles de aplicarse en gran parte del territorio mexicano, sobre todo en las áreas rurales y sin financiamiento del gobierno federal o estatal por los altos costos de operación y mantenimiento; técnicas como coagulación y precipitación, adsorción con alúmina activada o con carbón animal son consideradas de bajo costo, sin embargo presentan algunas desventajas que dificultan su puesta en práctica en pozos que abastecen agua para consumo humano, en la primera técnica el deterioro de la calidad del agua por adición de productos químicos durante el proceso limitan su utilización, en las técnicas de adsorción con carbón activado o alúmina activada, la capacidad de remoción depende del material utilizado, actualmente la alúmina activada ofrece buenos resultados en la remoción tanto de fluoruro como arsénico, sin embargo estos resultados se han obtenido de manera experimental y no se tiene conocimiento que se hayan llevado a la práctica en pozos de agua en

México como medida de salud por parte de las autoridades y tomadores de decisiones en materia de agua entubada.

Por lo tanto es de vital importancia la divulgación y prevención de los efectos adversos a la salud por la exposición crónica a dichos contaminantes a través de un proyecto de educación ambiental que permita coadyuvar a la disminución de los riesgos en salud como una medida de intervención. Este proyecto deberá evaluarse y ser puesto en práctica de preferencia por el sector educativo, como un complemento a todas aquellas acciones que sirvan para informar y prevenir a la población para disminuir la exposición crónica a fluoruro y arsénico, en tanto no se haya solucionado de manera integral la problemática.

## CAPÍTULO II. EDUCACIÓN AMBIENTAL

### 2.1 Historia de la educación ambiental

Desde sus orígenes, el ser humano ha mantenido una estrecha relación con su medio, hitos importantes en la historia de la humanidad hacen evidente las grandes transformaciones que el hombre ha realizado sobre el medio ambiente desde sus inicios: el uso del fuego (250,000 años), la aparición del lenguaje (40,000 años) y de la agricultura (10,500 años), etc. (Takács-Santa, 2004). Esta relación se ha modificado significativamente a lo largo del tiempo en: ritmo (velocidad), amplitud geográfica, tipo de insumos, profundidad y grado de conciencia; (Tommasino *et al.*) dicha situación empieza a ser percibida en occidente a partir de los años sesenta, al observarse que los niveles de depredación y contaminación ponían en riesgo la reproducción de muchos ecosistemas, provocaban efectos a la salud humana y eventualmente podía arriesgar la producción económica capitalista (UNEP, 2002; Foladori, s.f.).

Así mismo surgen diferentes interpretaciones acerca de las causas de la *crisis ambiental* y las alternativas para hacerle frente. Desde un punto de vista ético, Foladori las agrupa en dos grandes concepciones: el ecocentrismo y el antropocentrismo, cada una deja ver su postura acerca de como debe ser la relación entre la sociedad y la naturaleza (Foladori, s.f.).

El ecocentrismo parte de una ética centrada en la naturaleza, en donde los valores son construidos a partir de valores naturales externos a la sociedad humana, mientras el *antropocentrismo* considera que el comportamiento con el medio está determinado por las propias necesidades e intereses humanos. Cuando el ser humano domina la naturaleza a través del desarrollo científico y tecnológico se habla acerca de posiciones tecnocentristas y cuando ese dominio implica niveles de relación diferencial por sectores, grupos sociales, etc. con intereses y responsabilidades propias de cada clase social, se denomina posición *marxista*.

Dentro de las posiciones ecocentristas destacan:

- ❖ Ecología profunda: Privilegian la biología conservacionista y consideran el desarrollo industrial y la ética antropocéntrica como los principales causantes de la crisis ambiental, sus posiciones más radicales promueven una “vuelta al pasado”.
- ❖ Ecologistas verdes: Consideran como base de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza a las leyes de la ecología, por lo tanto el capitalismo como el socialismo son formas de organización que deben ser superadas, como soluciones a la crisis ambiental proponen la concepción de límites físicos al desarrollo humano y la confianza del cambio en la elección individual.

En las posiciones antropocentristas se mencionan:

- ❖ Cornucopianos: Para esta corriente el instrumento más seguro del equilibrio medioambiental es el libre mercado.
- ❖ Ambientalistas moderados: Reconocen la existencia de problemas entre el desarrollo capitalista y el ambiente susceptibles de ser mejoradas con políticas específicas (políticas de comando y control e instrumentos de mercado).
- ❖ Marxistas: Consideran a la sociedad humana parte de la naturaleza y la relación entre sociedad y entorno es dialéctica e histórica, donde surgen relaciones sociales de producción que guían el comportamiento con el medio ambiente, por lo tanto los

problemas ambientales son en realidad contradicciones económicas del capitalismo y por ende, las formas e intereses asumidos hacia dichos problemas ambientales varían según las clases sociales.

Cada una de las corrientes arriba mencionadas proponen diferentes alternativas de solución a la crisis ambiental; la educación ambiental representa un nuevo campo en el quehacer pedagógico que asume diferentes posiciones teóricas desde las cuales se interpreta la realidad, identificando los problemas relevantes así como los enfoques mediante los cuales serán atendidos dichos problemas (González, 1993).

Una clasificación realizada por Foladori (2000) nos muestra que de acuerdo al objetivo que se le da a la educación ambiental (EA), se pueden observar en su discurso las diferentes concepciones ideológicas sobre la relación entre la sociedad y la naturaleza:

La educación ambiental puede ser entendida:

1. Como instrumento capaz de transformar las condiciones materiales hacia un ambiente menos contaminado y depredado, donde se consideran los problemas ambientales como esencialmente técnicos, esta postura equipara a la EA con la enseñanza de la ecología.
2. Como complemento de los cambios estructurales en la sociedad, donde los problemas ambientales son derivados de la estructura económica-social, identifica a la EA "con educación sobre cómo la sociedad humana se relaciona entre sí –relaciones económicas, sociales y políticas- para disponer del mundo físico material y los otros seres vivos (Foladori, 2000), por lo tanto la educación *per se* no es gestora de los procesos y cambios sociales, pero sí cataliza en determinada dirección a los mismos (González, 1993).

El creciente protagonismo pedagógico que ha ido adquiriendo el *medio ambiente* permite establecer tres grandes etapas crono-pedagógicas. A continuación se describen estas tres etapas, de acuerdo a Caride y Meira (2001):

1. Del Romanticismo a la Pedagogía intuitiva: Inicia aproximadamente en el siglo XV y finaliza a mediados del siglo XIX, se contempla a la Naturaleza desde una perspectiva afectiva, considerada en perfecta armonía, las preocupaciones sociales y pedagógicas por el medio ambiente se expresan en términos de un retorno a la vida natural o de una aproximación educativa al naturalismo humanístico.
2. Del Modernismo Pedagógico a la Escuela Nueva: Dicha etapa transcurre entre mediados del siglo XIX y los años setenta del siglo XX, las reflexiones y experiencias pedagógicas proponen una educación activa, en la que el medio ambiente comparte la condición de contenido, recurso y método. Surge el movimiento denominado Escuela Nueva, vanguardia pedagógica en la valoración del entorno como un recurso formativo.
3. Del Desarrollismo Socioeconómico a la Educación Ambiental: Etapa de desarrollo e institucionalización de la educación ambiental, "se caracteriza por el "descubrimiento" de la crisis ambiental y la progresiva toma de conciencia respecto de las problemáticas ecológicas y humanas que la determinan, con respuestas educativas que se internacionalizan estratégicamente a través de la educación ambiental".

Esta etapa puede dividirse en subetapas, las cuales corresponden a los diferentes enfoques y concepciones que se van generando en el área de la educación ambiental:

A. Los primeros años: educar para conservar

Los inicios de esta etapa se sitúan entre los últimos años sesenta y los primeros años de la década de los setenta, en los cuales se comienza a gestar una creciente preocupación por el deterioro ambiental y los peligros derivados de ésta, dicha preocupación adquiere relevancia internacional cuando se convoca a la Conferencia sobre el Medio Humano, en Estocolmo, Suecia, así mismo se crean iniciativas internacionales como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), diversos Tratados internacionales y la consolidación y expansión internacional de la educación ambiental. Los acuerdos adoptados en Estocolmo se vertieron fundamentalmente a dos documentos: la Declaración sobre el Medio Ambiente Humano y el Plan de Acción.

En materia de educación ambiental cabe destacar lo establecido por el Principio 19, el cual indica: “es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos, y que preste la debida atención al sector de la población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades, inspirada en el sentido de responsabilidad en cuanto a la protección del medio en toda su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio humano y difundan, por el contrario, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos los aspectos”.

En 1975, la UNESCO y el PNUMA generaron el Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA), el cual impulsó el desarrollo de reuniones internacionales y nacionales como el Seminario Internacional de Educación Ambiental en Belgrado, en el cual se establecen las metas y fines de la educación ambiental de la siguiente manera: “lograr que la población mundial tenga conciencia del medio ambiente y se interese por él y por sus problemas conexos y que cuente con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivaciones y deseos necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los problemas actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo”. El documento que se desprende del Seminario, se denominó Carta de Belgrado, en el cual se otorga a la educación ambiental un papel importante como elemento necesario para afrontar la crisis ambiental, así mismo se llegó a un consenso acerca de los objetivos básicos que debe atender la educación ambiental, a saber:

- Toma de conciencia
- Conocimientos
- Actitudes
- Aptitudes
- Capacidad de evaluación
- Participación

## B. La Transición: educar para concienciar

En octubre de 1977 se llevó a cabo en Tbilisi (Georgia) la primera Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, esta Conferencia se considera de especial interés ya que en ella se delinear ideas y principios en su mayoría vigentes, se propone una educación “que debería preparar al ser humano mediante la comprensión de los principales problemas del mundo contemporáneo, proporcionándole los conocimientos técnicos y las cualidades necesarias para desempeñar una función productiva con miras a mejorar la vida y proteger el medio ambiente”. Entre sus principales características se encuentra el predominio de un enfoque instrumental y reformista, que trajo consigo la aplicación de políticas ambientales centradas en la protección así como las medidas de control de la contaminación.

En agosto de 1987, la UNESCO y el PNUMA convocan en Moscú al Congreso mundial sobre Educación y Formación relativos al Medio Ambiente, a partir del cual se aprobó la Estrategia internacional de acción en materia de educación y formación ambientales para el decenio de 1990, estructurada en tres ejes temáticos:

- Los problemas ambientales y los objetivos de una estrategia internacional de educación y formación ambientales.
- Los principios y características esenciales de la educación y de la formación ambientales.
- Orientaciones, objetivos y acciones para una estrategia internacional: En este punto destacan nueve secciones que se refieren a acciones y actividades que permitirán alcanzar el objetivo propuesto, las cuales son: acceso a la información, investigación y experimentación, programas educacionales y materiales didácticos, formación del personal, enseñanza técnica y profesional, educación y formación del público, enseñanza universitaria general, formación de especialistas y cooperación internacional y regional.

## C. El presente: educar para cambiar

En el Informe Brundtland (1987) se acuña el término “desarrollo sostenible” como aquel desarrollo “que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, en este documento se observa a la crisis ambiental como un fenómeno ligado al modelo de desarrollo; sin embargo el tema de la educación pasa a segundo término.

En 1992 se celebra en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo o Cumbre de la Tierra, la discusión iniciada en el Informe Brundtland acerca de la relación existente entre el medio ambiente y el desarrollo es analizada aunque, con lecturas e intereses dispares, por lo tanto se indica que “para luchar eficazmente contra la degradación ambiental no será suficiente adoptar soluciones científicas o tecnológicas; será preciso, además, tener en cuenta los factores económicos, sociales y culturales, que junto con las decisiones políticas, influyen decisivamente en el medio ambiente”.

La Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la Agenda 21 (Programa 21), el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Convenio Marco sobre Cambio Climático, son considerados los cuatro documentos principales desarrollados en la Cumbre de Río. Los aportes a la educación planteados en la Cumbre se observan más explícitamente en la Agenda 21, al

expresarse en el capítulo 36 el papel de la educación como una de las estrategias que orientan al logro del desarrollo sostenible a través de las siguientes líneas de acción-intervención:

- La reorientación de la educación hacia la consecución del desarrollo sostenible
- La concienciación del público
- El fomento de la cualificación

En cada una de las líneas presentadas anteriormente se han desarrollado puntos y recomendaciones clave para alcanzar los objetivos propuestos.

Paralelamente a la celebración de la Cumbre de la Tierra, se organiza el Foro Internacional de ONG o Foro Global en Río de Janeiro, en uno de los documentos emanados el Tratado sobre Educación Ambiental para Sociedades Sostenibles y para la Responsabilidad Global, demanda una educación ambiental “involucrada con la transformación de la realidad social, ideológicamente crítica y políticamente comprometida”; sin embargo también se observa que los valores promovidos por dicho Tratado se enfocan hacia los valores ecocéntricos.

La Declaración de Tesalónica es el documento principal en el cual se recogen las conclusiones derivadas de la Conferencia Internacional sobre Ambiente y Sociedad: Educación y Sensibilización para la Sostenibilidad, celebrada en Grecia en 1997, en la cual no se hace referencia al término de educación ambiental sino al término “Educación para el Desarrollo Sostenible”, esta situación produce una crisis de identidad del vocablo, Sauv  lo expresa como una pugna por la conceptualizaci3n de “sustentabilidad”.

En el año 2000 se celebr3 en Santiago de Compostela (España) la Reuni3n Internacional de Expertos en Educaci3n Ambiental en la cual se analizaron cinco grandes temas:

- Convivencia pacífica sobre la Tierra
- Paisaje de montaña y turismo sostenible
- Biodiversidad y áreas protegidas
- Complejidad ambiental y globalizaci3n
- Hambre y pobreza

Dichas temáticas se eligieron por considerarse comunes a todos los países del mundo, haciendo referencia a que la prioridad de los temas dependerán del contexto específico de cada regi3n.

Como podemos observar el papel de la educaci3n ambiental se ha ido modificando a través del tiempo, desde la concepci3n conservacionista en la cual prevalecen valores ecoc ntricos, hasta tratar de integrar discursos y práctica de una educaci3n global, con posibilidades de “convertir la educaci3n en una práctica social dialogada, que no acepta la responsabilidad plena de los cambios sociales, aunque no renuncia a formar parte de ellos” (Caride y Meira (2001).

## 2.2 Modalidades de la educación ambiental

En el campo de la educación ambiental residen una amplia variedad de modalidades de trabajo, las cuales comparten: propósitos, enfoques conceptuales, destinatarios, metodologías, contenidos, materiales de enseñanza y aprendizaje, etc.; Nieto-Caraveo (2001) destaca las siguientes:

- 1) La interpretación y el equipamiento ambiental: Involucra proyectos que combinan la recreación y el esparcimiento con la educación ambiental, ejemplo de este tipo de experiencias son el diseño y el desarrollo de actividades en parques, museos, zonas ecoturísticas, campamentos y zoológicos.
- 2) La comunicación ambiental: Se refiere a los proyectos que utilizan medios de cobertura extensiva (medios escritos, audiovisuales, electrónicos) para compartir contenidos educativos a una comunidad o parte de su población.
- 3) La promoción del desarrollo comunitario y familiar: Son iniciativas dirigidas a grupos sociales, organizaciones y comunidades específicas con el propósito de mejorar su capacidad productiva y/o de gestión ante problemáticas ambientales específicas y/o relacionadas con el aprovechamiento de recursos.
- 4) La incorporación de lo ambiental al sistema escolarizado: "Son esfuerzos para incorporar contenidos ambientales -conocimientos, actitudes, valores, y/o destrezas- a la educación formal, vía el currículum, los materiales (por ejemplo libros de texto), o los métodos de enseñanza, desde los niveles básicos de enseñanza hasta el posgrado".
- 5) Los programas de educación continua y a distancia en temas ambientales: Se refiere al desarrollo e implementación de programas cuyo objetivo es la formación y actualización profesional en temas ambientales. Con frecuencia se dirigen hacia la capacitación para el manejo de los instrumentos de gestión ambiental (evaluación de impacto ambiental, planeación, ordenamientos ecológicos, manejo de áreas naturales protegidas, etc.)
- 6) Las escuelas "ecológicas" o "verdes": Son proyectos realizados por instituciones educativas que pretenden tener un funcionamiento ambientalmente limpio y con ello generar un efecto educativo vía la práctica cotidiana de sistemas de eficientización de la energía, revegetación, disposición correcta de los residuos, reutilización y reciclamiento de papel, entre otros factores.

### CAPÍTULO III. EDUCACIÓN BÁSICA EN MÉXICO

Con la promulgación de la Constitución Política de 1857, se le confiere a la educación elemental pública características de laicidad, gratuidad y obligatoriedad, constituyéndose de este modo las bases para el “Sistema Educativo Mexicano” (Martínez, 2001).

Juan Prawda en 1987 hace referencia al Sistema Educativo Mexicano como el “conjunto de normas, instituciones, recursos y tecnologías destinadas a ofrecer servicios educativos y culturales a la población mexicana”; en esta definición, se destaca lo significativo de la cobertura en servicios educativos que había experimentado el país en esa época, sin embargo quince años después Zorrilla indica que el Sistema Educativo es “el conjunto de políticas, instituciones, procesos, sujetos y actores, cuyo propósito es ofrecer un servicio que garantice el derecho de toda persona a la educación” (Zorrilla, 2002), en este enunciado se hace referencia a la necesidad de nuestra nación de ofrecer servicios educativos con equidad.

A continuación se presenta un panorama general del desarrollo de la Educación Básica en México, como uno de los pilares del Sistema Educativo; se destacan en esta narrativa instituciones, actores, enfoques, valores, proyectos educativos, entre otros aspectos que han impulsado la creciente conformación de este subsistema, así mismo se dan a conocer algunas orientaciones y decisiones del Estado que han contribuido significativamente al rumbo que ha tomado la educación en el país.

Desde 1857 hasta la época de la Revolución, el manejo de la educación fue responsabilidad de cada estado; posterior a la aprobación de la Constitución Política de 1917, la federación adquirió mayor injerencia en todos los ámbitos, en cuestión de educación esta situación se ve reflejada con la creación en 1921 de la Secretaría de Educación Pública (SEP) (Martínez, 2001); José Vasconcelos primer secretario de educación pública, concibió una gran movimiento educativo y cultural, su política se centró principalmente en las siguientes acciones:

- los esfuerzos por abatir los altos índices de analfabetismo (alrededor del 70 %), que logró enseñar a leer y escribir a 100 000 adultos,
- la construcción de locales escolares, a una escala no vista hasta entonces,
- la revaloración social del maestro y su formación, los más característicos fueron los maestros rurales,
- la relación de la educación con otros problemas nacionales,
- una visión de la cultura como factor de liberación y dignificación de la persona,
- la conciencia de la identidad mestiza y la afirmación de la vocación latinoamericana (Latapí, 1998).

Para 1934 un cambio importante en la educación es la instauración ideológica de la “Escuela Socialista”, la cual inicia en el periodo de Lázaro Cárdenas (1934-1940), Latapí destaca que en esta época se subraya el carácter popular de la educación y su función emancipadora, su obligatoriedad y gratuidad; incitaron a la lucha contra el clero y los sectores reaccionarios; y en el orden pedagógico promovieron el predominio de la razón y las explicaciones científicas para combatir los dogmas y fanatismos; también destacaron la capacitación para el trabajo y la importancia de formar actitudes colectivas como la solidaridad (Latapí, 1998).

El proyecto educativo hegemónico entre 1942 y 1970 se denominó “Escuela de la Unidad Nacional” tendencia promovida por Jaime Torres Bodet, la cual culmina con el proyecto de la

“escuela socialista”, este proyecto propuso valores de democracia, nacionalismo, cooperación, fraternidad, sin embargo en cada uno de los sexenios posteriores se presentan especificidades en el ramo educativo producto del contexto social, económico y político propio de cada época (Martínez, 2001; Latapí, 1998).

Durante el mandato de Adolfo López Mateos (1958-1964) y con Jaime Torres Bodet nuevamente al frente de la Secretaría de Educación Pública, se elabora el primer plan nacional de educación denominado Plan Nacional para la Expansión y el Mejoramiento de la Enseñanza Primaria también conocido como Plan de Once Años, entre sus principales políticas se encuentran: la implementación de doble turno en las escuelas, el impulso del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) y el crecimiento de las escuelas normales para formar maestros, todas estas estrategias se desarrollaron para hacer frente a la explosión demográfica en el ámbito escolar, el Plan también contemplaba estrategias para la mejora en la calidad de la enseñanza, entre las cuales destaca el Programa de libros de texto gratuito para todos los grados de enseñanza elemental (Martínez, 2001; Prawda, 1987).

En el sexenio de Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970) también se aplica el Plan de Once Años, entre sus vertientes se encuentra la integración de manera formal al Sistema Educativo Nacional de la modalidad de telesecundaria como respuesta al aumento de egresados de educación primaria, esta modalidad se ubica en comunidades rurales y la organización escolar se centra en un maestro por grado que atiende todas las asignaturas con el apoyo de material televisivo y de guías didácticas; este fue un logro muy importante ya que acercó la educación secundaria a los lugares más alejados, pues en este tiempo la modalidad general y técnica estaba instalada en poblaciones urbanas (Zorrilla, 2004).

En el sexenio de Luis Echeverría (1970-1976) se efectúa una Reforma curricular, en la cual tanto el nivel de primaria como el de secundaria se organizó por áreas de conocimiento, dichas áreas fueron: matemáticas, español, ciencias naturales (agrupaba biología, química y física) y ciencias sociales (agrupaba historia, civismo y geografía) en lugar de asignaturas, de acuerdo a esta Reforma se elaboraron nuevos libros de texto. En 1973 aparece la Ley Federal de Educación, la cual pretendió establecer los ámbitos de competencia tanto del Gobierno Federal como de los estados y municipios; este sexenio también es caracterizado por la atención prestada a la educación media superior y superior, creándose instituciones como: Colegio de Ciencias y Humanidades, Colegio de Bachilleres, Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales de la Universidad Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) (Zorrilla, 2004; Martínez, 2001, Prawda, 1987).

En su corto periodo al frente de la Secretaría de Educación Pública, en el mandato presidencial de López Portillo (1976-1982), Porfirio Muñoz Ledo crea el “Plan Nacional de Educación”, el cual comprendía un amplio diagnóstico del sistema educativo nacional y el desarrollo de programas de trabajo para Educación Básica, formación de maestros, educación en zonas deprimidas y grupos marginados, educación abierta, educación tecnológica, etc., sin embargo éste nunca fue terminado y con el cambio de Secretario de Educación se implementa en su lugar los “Programas y Metas del Sector Educativo 1979-1982, sus principales objetivos se materializaron en cincuenta y dos programas de los cuales once se consideraban prioritarios (Martínez, 2001).

Durante el sexenio de Miguel de la Madrid (1982-1988) inician las tendencias “modernizadoras en la educación” las cuales culminan en la presidencia de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) (Martínez, 2001). Una de las decisiones político-legislativas más importantes en este sexenio fue

la reforma al Artículo Tercero Constitucional y la promulgación de la Ley General de Educación (Zorrilla, 2002).

La reforma al Artículo Tercero Constitucional establece los siguientes puntos (Hernández):

- 1) se introduce el concepto de derecho a la educación,
- 2) se explicita la obligación del Estado de impartir educación preescolar, primaria y secundaria,
- 3) se decreta el carácter obligatorio de la educación secundaria,
- 4) se elimina la fracción IV, que prohibía la "intervención" de las iglesias en los planteles de Educación Básica y normal.
- 5) se decreta la atribución del Ejecutivo Federal para determinar los planes y programas de estudio a nivel nacional en los niveles de primaria, secundaria y normal.

Los cambios entre la Ley educativa de 1973 y la Ley General de Educación de 1993 (Cuadro No. 2) se pueden caracterizar en dos niveles:

- en la conceptualización misma de la educación, y
- en las relaciones y la operatividad político-administrativa del sistema educativo.

**Cuadro No. 2. Modificaciones estructurales a la Ley Federal de Educación (Tomado de Hernández (s.f.) página 22)**

Ley Federal de Educación de 1973	Ley General de Educación de 1993
Capítulo I: Disposiciones generales	Capítulo I: Disposiciones generales
Capítulo II: Sistema Educativo Nacional	Capítulo II: Del federalismo educativo Sección 1. De la distribución de la función social educativa Sección 2. De los servicios educativos Sección 3. Del financiamiento a la educación Sección 4. De la evaluación del Sistema Educativo Nacional
Capítulo III: Distribución de la función educativa	Capítulo III: De la equidad en la educación
Capítulo IV: Planes y programas de estudio	Capítulo IV: Del proceso educativo Sección 1. De los tipos y modalidades de educación. Sección 2. De los planes y programas de estudio Sección 3. Del calendario escolar
Capítulo V: Derechos y obligaciones en materia educativa	Capítulo V: De la educación que impartan los particulares
Capítulo VI: Validez oficial de estudios	Capítulo VI: De la validez oficial de estudios y de la certificación de conocimientos
Capítulo VII: Sanciones Transitorios	Capítulo VII: De la participación social en educación Sección 1. De los padres de familia Sección 2. De los consejos de participación social Sección 3. De los medios de comunicación
	Capítulo VIII: De las infracciones, las sanciones y el recurso administrativo Sección 1. De las infracciones y las sanciones Sección 2. Del recurso administrativo
	Transitorios

La Ley General de Educación contempla tres nuevos capítulos: Capítulo II, referido al federalismo educativo, Capítulo III, relativo a la equidad en la educación y el Capítulo VII, participación social en educación; los cambios centrales en el Capítulo II son: la definición de las figuras de “autoridad educativa federal”, “autoridad educativa local” y “autoridad educativa municipal” y sus funciones exclusivas, la instauración de un sistema nacional de formación, actualización, capacitación y superación profesional del maestro y la instauración de un sistema nacional de evaluación educativa y el Capítulo III se refiere a la ampliación del concepto de equidad que abarca desde el acceso a la educación hasta la permanencia (Hernández, s.f.).

Con el propósito de dar solución a las desigualdades educativas nacionales y mejorar la calidad de la Educación Básica el 18 de mayo de 1992 se firma del Acuerdo Nacional para la Modernización de la Educación Básica y Normal (ANMEB), destacan tres estrategias principales: la descentralización del sistema educativo (reorganización del sistema educativo), una reforma curricular y pedagógica para la Educación Básica y formación inicial de maestros (reformulación de contenidos y materiales) y la revaloración social de la función magisterial (Zorrilla, 2004).

Di Gropello menciona una serie de razones que justifican la descentralización del sistema educativo, entre las cuales se citan: a) la necesidad de proteger los intereses nacionales, b) ejercer la función compensatoria entre regiones y c) evitar los problemas que podrían derivarse por la asimetría de información y falta de competencias locales. Es importante destacar que en la reforma curricular planteada se reformulan los contenidos y se organizan por asignaturas, se producen diversos materiales educativos tanto para alumnos como para maestros, se propone el constructivismo y el desarrollo de “competencias básicas” como guía del trabajo pedagógico (Zorrilla, 2002).

Otros aspectos trascendentales son la creación del Programa para Abatir el Rezago Educativo (PARE), financiado por el Banco Mundial, el cual se dirigía a los cuatro estados más pobres del país; promover una mayor presencia de los padres de familia y la comunidad en la escuela, se impulsan proyectos innovadores de introducción de modernas tecnologías en la escuela (Zorrilla, 2002). Para la educación superior destacan: el surgimiento del Fondo para la Modernización de la Educación Superior (FOMES) y el Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) (Martínez, 2001).

En el periodo presidencial de Ernesto Zedillo Ponce de León, el Secretario de Educación Miguel Limón, dirige el “Programa de Desarrollo Educativo 1995-2000, sus principales líneas de acción se concentran fundamentalmente en la Educación Básica, educación de adultos y educación media superior y superior (Martínez, 2001).

Durante el gobierno de Vicente Fox, se firma el Acuerdo 348 por el cual se determina el Programa de Educación Preescolar el 27 de octubre de 2004 y el Acuerdo 384 que establece el nuevo Plan y Programas de estudio para la educación secundaria, el 26 de mayo del 2006 (SEP, 2011)

En el presente sexenio, se publican en el Diario Oficial de la Federación los Acuerdos 494 y 540 que actualizan el Acuerdo 181 por el que se establecen el Plan y los programas de estudio para la educación primaria, así como el Acuerdo 592 publicado en agosto de 2011, por el cual se establece la Articulación de la Educación Básica, mediante la Reforma Integral de Educación Básica (RIEB), en la cual se determina un trayecto formativo –organizado en un Plan y los programas de estudio correspondientes– congruente con el criterio, los fines y los propósitos de

la educación aplicable a todo el sistema educativo nacional, en palabras propias de los autores de la RIEB, ésta pretende ser “el inicio de una transformación que generará una escuela centrada en el logro educativo al atender las necesidades específicas de aprendizaje de cada uno de sus estudiantes, para que adquieran las competencias que permitan su desarrollo personal; una escuela que al recibir asesoría y acompañamiento pertinentes a las necesidades de la práctica docente cotidiana genere acciones para atender y prevenir el rezago, y constituya redes académicas de aprendizaje donde todos los integrantes de la comunidad escolar participen del desarrollo de competencias que permiten la autonomía en el aprendizaje y la participación en los procesos sociales” (SEP, 2011).

Como se puede observar en esta breve reseña de la Educación Básica en México los proyectos educativos gestados dejaron huella en la sociedad de la que fueron parte, otros se interrumpieron súbitamente y los valores que promovían ya no se consideran pertinentes, sin embargo de algunos proyectos educativos sus preceptos y orientación ideológica continúan vigentes y actúan como directriz de la educación que nuestra sociedad desea preservar.

### 3.1 Reforma Integral de Educación Básica

Todos los acontecimientos, orientaciones y enfoques educativos, mencionados anteriormente, han servido como antecedente y marco conceptual para el desarrollo e implementación de la Reforma Integral de Educación Básica (RIEB) a partir del ciclo escolar 2011-2012, ésta rige el plan y programas de estudios, materiales educativos y por lo tanto la práctica docente en los niveles de preescolar, primaria y secundaria, prevista para aplicarse durante los próximos veinte años.

Al hacer un análisis de la RIEB se ha considerado importante destacar la manera en que la propia RIEB define algunos de los principales conceptos y explicita la orientación del quehacer educativo, por considerarse fundamentales para este trabajo, a continuación se enuncian de manera textual los siguientes (SEP, 2011):

- El *Plan de estudios 2011. Educación Básica* es el documento rector que define las competencias para la vida, el perfil de egreso, los Estándares Curriculares y los aprendizajes esperados que constituyen el trayecto formativo de los estudiantes.
- Las *competencias* movilizan y dirigen todos los componentes (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) hacia la consecución de objetivos concretos; son más que el saber, el saber hacer o el saber ser, porque se manifiestan en la acción de manera integrada. La movilización de saberes se manifiesta tanto en situaciones comunes como complejas de la vida diaria y ayuda a visualizar un problema, poner en práctica los conocimientos pertinentes para resolverlo, reestructurarlos en función de la situación, así como extrapolar o prever lo que hace falta, dichas competencias se deberán desarrollar en los tres niveles de Educación Básica y a lo largo de la vida, procurando que se proporcionen oportunidades y experiencias de aprendizaje significativas para todos los estudiantes y son:
  - a) *Competencias para el aprendizaje permanente*. Para su desarrollo se requiere: habilidad lectora, integrarse a la cultura escrita, comunicarse en más de una lengua, habilidades digitales y aprender a aprender.

- b) *Competencias para el manejo de la información.* Su desarrollo requiere: identificar lo que se necesita saber; aprender a buscar; identificar, evaluar, seleccionar, organizar y sistematizar información; apropiarse de la información de manera crítica, utilizar y compartir información con sentido ético.
  - c) *Competencias para el manejo de situaciones.* Para su desarrollo se requiere: enfrentar el riesgo, la incertidumbre, plantear y llevar a buen término procedimientos; administrar el tiempo, propiciar cambios y afrontar los que se presenten; tomar decisiones y asumir sus consecuencias; manejar el fracaso, la frustración y la desilusión; actuar con autonomía en el diseño y desarrollo de proyectos de vida.
  - d) *Competencias para la convivencia.* Su desarrollo requiere: empatía, relacionarse armónicamente con otros y la naturaleza; ser asertivo; trabajar de manera colaborativa; tomar acuerdos y negociar con otros; crecer con los demás; reconocer y valorar la diversidad social, cultural y lingüística.
  - e) *Competencias para la vida en sociedad.* Para su desarrollo se requiere: decidir y actuar con juicio crítico frente a los valores y las normas sociales y culturales; proceder en favor de la democracia, la libertad, la paz, el respeto a la legalidad y a los derechos humanos; participar tomando en cuenta las implicaciones sociales del uso de la tecnología; combatir la discriminación y el racismo, y conciencia de pertenencia a su cultura, a su país y al mundo (SEP, 2011).
- Como resultado del proceso de formación a lo largo de la Educación Básica, el alumno mostrará los siguientes rasgos:
    - a) Utiliza el lenguaje materno, oral y escrito para comunicarse con claridad y fluidez, e interactuar en distintos contextos sociales y culturales; además, posee herramientas básicas para comunicarse en inglés.
    - b) Argumenta y razona al analizar situaciones, identifica problemas, formula preguntas, emite juicios, propone soluciones, aplica estrategias y toma decisiones. Valora los razonamientos y la evidencia proporcionados por otros y puede modificar, en consecuencia, los propios puntos de vista.
    - c) Busca, selecciona, analiza, evalúa y utiliza la información proveniente de diversas fuentes.
    - d) Interpreta y explica procesos sociales, económicos, financieros, culturales y naturales para tomar decisiones individuales o colectivas que favorezcan a todos.
    - e) Conoce y ejerce los derechos humanos y los valores que favorecen la vida democrática; actúa con responsabilidad social y apego a la ley.
    - f) Asume y practica la interculturalidad como riqueza y forma de convivencia en la diversidad social, cultural y lingüística.
    - g) Conoce y valora sus características y potencialidades como ser humano; sabe trabajar de manera colaborativa; reconoce, respeta y aprecia la diversidad de capacidades en los otros, y emprende y se esfuerza por lograr proyectos personales o colectivos.
    - h) Promueve y asume el cuidado de la salud y del ambiente como condiciones que favorecen un estilo de vida activo y saludable.
    - i) Aprovecha los recursos tecnológicos a su alcance como medios para comunicarse, obtener información y construir conocimiento.
    - j) Reconoce diversas manifestaciones del arte, aprecia la dimensión estética y es capaz de expresarse artísticamente (SEP, 2011).

- Los *Estándares Curriculares* se organizan en cuatro periodos escolares de tres grados cada uno (Cuadro No. 3). Estos cortes corresponden, de manera aproximada y progresiva, a ciertos rasgos o características clave del desarrollo cognitivo de los estudiantes. Los estándares son el referente para el diseño de instrumentos que, de manera externa, evalúen a los alumnos. Fincan las bases para que los institutos de evaluación de cada entidad federativa diseñen instrumentos que vayan más allá del diagnóstico de grupo y perfeccionen los métodos de la evaluación formativa y, eventualmente, de la sumativa, sin dejar de tener en cuenta que este tipo de evaluación debe darse con sistemas tutelares y de acompañamiento de asesoría académica del docente y del estudiante, que permitan brindar un apoyo diferenciado a quienes presenten rezago en el logro escolar y también para los que se encuentren por arriba del estándar sugerido. Los Estándares Curriculares integran esa dimensión educativa y establecen cierto tipo de ciudadanía global, producto del dominio de herramientas y lenguajes que permitirán al país su ingreso a la economía del conocimiento e integrarse a la comunidad de naciones que fincan su desarrollo y crecimiento en el progreso educativo (SEP, 2011).

**Cuadro No. 3. Estándares Curriculares en Educación Básica- Tomado de SEP (2011)**

ESTÁNDARES CURRICULARES		
PERIODO ESCOLAR	GRADO ESCOLAR DE CORTE	EDAD APROXIMADA
Primero	Tercer grado de preescolar	Entre 5 y 6 años
Segundo	Tercer grado de primaria	Entre 8 y 9 años
Tercero	Sexto grado de primaria	Entre 11 y 12 años
Cuarto	Tercer grado de secundaria	Entre 14 y 15 años

- Los *aprendizajes esperados* son el vínculo entre las dos dimensiones del proyecto educativo que la reforma propone: la ciudadanía global comparable y la necesidad vital del ser humano y del ser nacional, éstos vuelven operativa esta visión, ya que permiten comprender la relación multidimensional del Mapa curricular y articulan el sentido del logro educativo como expresiones del crecimiento y del desarrollo de la persona, como ente productivo y determinante del sistema social y humano.
- El *Mapa curricular* de la Educación Básica se representa por espacios organizados en cuatro campos de formación, que permiten visualizar de manera gráfica la articulación curricular. Además, los campos de formación organizan otros espacios curriculares estableciendo relaciones entre sí. Puede observarse de manera horizontal la secuencia y la gradualidad de las asignaturas que constituyen la Educación Básica, de manera vertical se indican los periodos escolares es decir, la progresión de los Estándares Curriculares de Español, Matemáticas, Ciencias, Segunda Lengua: Inglés y Habilidades Digitales (Cuadro No. 4).
- Los *campos de formación* para la Educación Básica organizan, regulan y articulan los espacios curriculares; tienen un carácter interactivo entre sí, y son congruentes con las competencias para la vida y los rasgos del perfil de egreso. Además, encauzan la temporalidad del currículo sin romper la naturaleza multidimensional de los propósitos del modelo educativo en su conjunto, asimismo, en cada campo de formación se

expresan los procesos graduales del aprendizaje, de manera continua e integral, desde el primer año de Educación Básica hasta su conclusión y son:

1. Lenguaje y comunicación.
  2. Pensamiento matemático.
  3. Exploración y comprensión del mundo natural y social.
  4. Desarrollo personal y para la convivencia.
- La finalidad del campo de formación *Lenguaje y comunicación* es el desarrollo de competencias comunicativas a partir del uso y estudio formal del lenguaje, a lo largo de la Educación Básica se busca que los alumnos aprendan y desarrollen habilidades para hablar, escuchar e interactuar con los otros; a identificar problemas y solucionarlos; a comprender, interpretar y producir diversos tipos de textos, a transformarlos y crear nuevos géneros y formatos; es decir, reflexionar individualmente o en colectivo acerca de ideas y textos, el campo se desagrega en competencias que les posibilitan interactuar en los diferentes ámbitos, independientemente de cuál sea su lengua materna, o el inglés como segunda lengua, adicionando los procesos del código digital.
  - El campo *Pensamiento matemático* articula y organiza el tránsito de la aritmética y la geometría y de la interpretación de información y procesos de medición, al lenguaje algebraico; del razonamiento intuitivo al deductivo, y de la búsqueda de información a los recursos que se utilizan para presentarla, el énfasis de este campo se plantea con base en la solución de problemas, en la formulación de argumentos para explicar sus resultados y en el diseño de estrategias y sus procesos para la toma de decisiones.
  - El campo de la *Exploración y comprensión del mundo natural y social* integra diversos enfoques disciplinares relacionados con aspectos biológicos, históricos, sociales, políticos, económicos, culturales, geográficos y científicos, constituye la base de formación del pensamiento crítico, entendido como los métodos de aproximación a distintos fenómenos que exigen una explicación objetiva de la realidad. En cuanto al mundo social, su estudio se orienta al reconocimiento de la diversidad social y cultural que caracterizan a nuestro país y al mundo, como elementos que fortalecen la identidad personal en el contexto de una sociedad global donde el ser nacional es una prioridad. Asimismo, adiciona la perspectiva de explorar y entender el entorno mediante el acercamiento sistemático y gradual a los procesos sociales y fenómenos naturales, en espacios curriculares especializados conforme se avanza en los grados escolares, sin menoscabo de la visión multidimensional del currículo.
  - La finalidad del campo de *Desarrollo personal y para la convivencia* es que los estudiantes aprendan a actuar con juicio crítico en favor de la democracia, la libertad, la paz, el respeto a las personas, a la legalidad y a los derechos humanos. También implica manejar armónicamente las relaciones personales y afectivas para desarrollar la identidad personal y, desde ésta, construir identidad y conciencia social (SEP, 2011).

**Cuadro No. 4. Mapa curricular de Educación Básica. Tomado de SEP (2011)**

H A B I L I D A D E S  D I G I T A L E S	ESTÁNDARES CURRICULARES	1er PERIODO ESCOLAR			2° PERIODO ESCOLAR			3er PERIODO ESCOLAR			4° PERIODO ESCOLAR		
	CAMPOS DE FORMACIÓN PARA LA EDUCACIÓN BÁSICA	Preescolar			Primaria			Primaria			Secundaria		
		1°	2°	3°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	1°	2°	3°
	LENGUAJE Y COMUNICACIÓN	Lenguaje y comunicación			Español			Español			Español I, II y III		
			Segunda Lengua: Inglés	Segunda Lengua: Inglés			Segunda Lengua: Inglés			Segunda Lengua: Inglés I, II y III			
	PENSAMIENTO MATEMÁTICO	Pensamiento matemático			Matemáticas			Matemáticas			Matemáticas I, II y III		
	EXPLORACIÓN Y COMPRENSIÓN DEL MUNDO NATURAL Y SOCIAL	Exploración y conocimiento del mundo			Exploración de la naturaleza y la sociedad	Ciencias naturales	Ciencias naturales			Ciencias I (con énfasis en Biología)	Ciencias I (con énfasis en Física)	Ciencias I (con énfasis en Química)	
		Desarrollo físico y salud				La entidad donde vivo	Geografía			Tecnología I, II y III			
	DESARROLLO PERSONAL Y PARA LA CONVIVENCIA	Desarrollo personal y social			Formación cívica y ética			Formación cívica y ética			Geografía de México y el mundo		Historia I y II
					Educación física			Educación física			Asignatura estatal		Formación cívica y ética
		Expresión y apreciación artísticas			Educación artística			Educación artística			Tutoría		
					Educación física			Educación física			Educación física I, II y III		
					Educación artística			Educación artística			Arte I, II y III ( Música, danza, teatro o artes visuales)		

### 3.2 Materiales educativos que tratan el tema del agua en Educación Básica

En México existe una variada producción de materiales educativos que se pueden utilizar en los diferentes niveles de Educación Básica para abordar de manera general el tema del agua, en estas producciones y experiencias se engloban: manuales tanto para el profesor como para el alumno, guías para el profesor y alumnos, folletos, juegos impresos e interactivos. Estos materiales son producidos principalmente por dependencias nacionales entre las que destacan: Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Secretaría de Educación Pública.

A nivel internacional se tiene una extensa cantidad de propuestas respecto al tema, formulados principalmente por organismos internacionales como el PNUMA, organizaciones no gubernamentales y universidades.

Entre los materiales revisados se destacan en el cuadro No. 5, los siguientes, por ser experiencias y propuestas acertivas destinadas al desarrollo del tema del agua y puestas en práctica en el aula del nivel básico.

**Cuadro No. 5. Materiales educativos en el tema del agua**

Propuesta	Ámbito educativo	Temas abordados
Chipi chipi. Guía Didáctica para Maestros de Educación Preescolar (SEMARNAT, 2009).	Educación preescolar	1. Importancia del cuidado del agua 2. Importancia del agua en el cuidado personal, hogar y jardín de niños 3. Usos básicos del agua en la vida diaria
Manual de Educación Ambiental para Escuelas Primarias del Estado de Guanajuato (Ortega y Velasco, 2009).	Educación primaria- Quinto grado	1. El agua y sus formas 2. Distribución del agua en el mundo 3. Ciclo hidrológico 4. Usos del agua 5. Planta de tratamiento de Aguas residuales, cierre y despedida
Guía para hacer la Agenda 21 Escolar (Weissmann y Liabrés, s.f.)	Educación preescolar Educación primaria Educación secundaria	1. Cuidado del agua
Libros de texto y Guías para los Docentes del Nivel Primario y Secundario (Romero, 2008)	Educación primaria- Quinto grado	1. Identificación de cuerpos de agua en el país 2. Cuidado del agua
La ciudadanía ambiental global. Manual para docentes de Educación Básica de América Latina y el Caribe (UICN, 2005)	Educación preescolar Educación primaria Educación secundaria	1. El agua y la vida en el planeta 2. Aguas internacionales y gestión del agua 3. Contaminación del agua 4. Propuestas de cuidado del agua
Recomendaciones para ahorrar agua (SEMARNAT, 2009)	Educación primaria Educación secundaria	1. Higiene personal 2. Cuidados del agua

## CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

El presente trabajo de tesis se desarrolló en las siguientes etapas:

### 4.1 Revisión bibliográfica

Para diseñar el programa de educación ambiental para disminuir la exposición crónica a fluoruro y arsénico, se revisó bibliografía actualizada de los principales autores que refieren los temas:

- a) Contaminación del agua: se identificaron conceptos tales como, origen hidrogeológico de la contaminación del agua subterránea tanto por fluoruro como por arsénico, características toxicocinéticas de ambos elementos, normativa que rige los límites máximos permisibles de fluoruro y arsénico en el agua de consumo, rango de concentraciones presentes en el agua de consumo a nivel internacional, nacional y estatal, así como los principales efectos a la salud ocasionados por la exposición crónica a dichos elementos.
- b) Educación ambiental: se analizaron diferentes enfoques y modalidades de trabajo en el área de educación ambiental. De acuerdo a las características, fines y propósitos del presente trabajo, se propone abordarlo desde la modalidad: incorporación de los temas ambientales al sistema escolarizado, como un esfuerzo para relacionar de manera transversal contenidos de tipo ambiental (contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico) al currículo de Educación Básica.
- c) Constructivismo: se identificaron los conceptos clave de esta postura epistemológica y se analizaron las principales corrientes constructivistas del aprendizaje: Teoría constructivista del aprendizaje de Piaget, Teoría socio-histórica cultural de Vigotsky y la Teoría del aprendizaje significativo, con el propósito de identificar las principales implicaciones educativas de estas teorías, tomando como base la Teoría de Piaget y la Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel.
- d) Materiales didácticos para Educación Básica: se analizaron diferentes propuestas educativas para los niveles de preescolar, primaria y secundaria, identificando en ellos características tales como:
  - enfoque,
  - temas,
  - contenido,
  - recursos,
  - estrategias.

En el presente proyecto se diseñaron, elaboraron y produjeron las siguientes tres guías:

- Una guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar.
- Una guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria.

- Una guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria.

En algunos apartados de esta tesis se utiliza el nombre “Guías didácticas para el docente de Educación Básica que permitan abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico”, para referirse de manera general a las tres propuestas elaboradas.

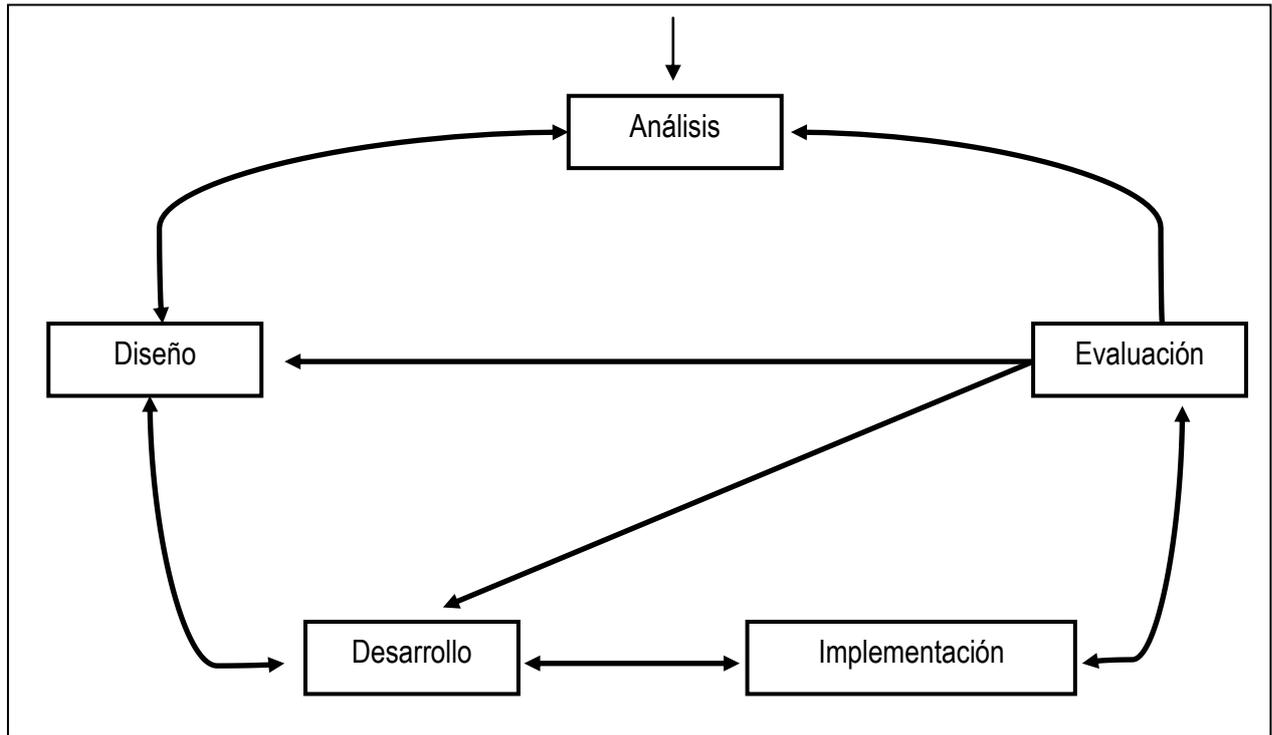
## 4.2 Diseño instruccional de las guías

La producción de las “guías” se realizó en el contexto del diseño instruccional, en su definición más sencilla, el diseño instruccional es una metodología de planificación pedagógica, que sirve de referencia para producir una variedad de materiales educativos, adaptados a las necesidades de los estudiantes, asegurándose así la calidad del aprendizaje (Yukavetsky, 2003).

El diseño instruccional es el proceso de desarrollo de un programa instruccional desde su inicio hasta su final, las fases a veces se solapan y pueden estar interrelacionadas; permiten una guía dinámica y flexible para el desarrollo de una instrucción efectiva y eficiente (Orellana *et al*, s.f.).

Uno de los modelos de diseño instruccional más representativos, es el denominado modelo ADDIE (Analysis, Desing, Develpment, Implementation y Evaluation) entre sus características generales destaca la organización de un proceso de instrucción compuesto por fases, dentro de las cuales se desarrollan actividades o conjunto de actividades que conforman procesos más específicos, enfocados al logro de un objetivo en particular, (Chiappe, 2008) las fases representativas son:

- Análisis: El paso inicial es examinar al alumnado, contenido y entorno.
- Diseño: Sus componentes principales son:
  - 1) Objetivos de la unidad o módulo
  - 2) Estructuración del contenido
  - 3) Enfoque didáctico
  - 4) Planificar el orden del contenido
  - 5) Diseñar las actividades del alumno
  - 6) Diseñar la evaluación
  - 7) Escoger los medios y el sistema para hacer llegar la información
  - 8) Identificar los recursos
- Desarrollo: Se elaboran los planes de la lección y los materiales que se van a utilizar, la instrucción, los medios que se utilizarán en la lección, y cualquier otro material necesario, tal como guías de una lección.
- Implementación: Esta fase se refiere a la puesta en práctica del proyecto didáctico.
- Evaluación: Sus principales actividades son:
  - 1) Realizar evaluaciones formativas y sumativas.
  - 2) Interpretar los resultados de las evaluaciones de los alumnos.
  - 3) Recoger las opiniones de los graduados y no graduados.
  - 4) Revisar las actividades.
  - 5) Si es un prototipo, realizar ajustes adecuados al modelo (Williams *et al.*, s.f.).



**Figura No.1. Modelo de diseño instruccional ADDIE (Tomado de Williams *et al.*, s.f.)**

Las fases (Figura No. 1) pueden ser tanto iterativas como recursivas (Williams *et al.*, s.f.). El modelo ADDIE considera adecuado utilizar el término “proyecto de diseño instruccional”, para indicar la equivalencia del diseño instruccional como proceso general (tipo macro), sin embargo Chiappe, propone denominarlos “proyecto de desarrollo de materiales educativos”, para reforzar la idea del diseño instruccional como una fase transversal de estos proyectos, por lo tanto el diseño instruccional se concibe como un concepto bidimensional, compuesto por una dimensión de fase y otra de proceso. El “proyecto macro” tiene como propósito la generación de experiencias de aprendizaje a través de cursos, lecciones, ambientes virtuales de aprendizaje, material educativo, etc., a través de las siguientes fases:

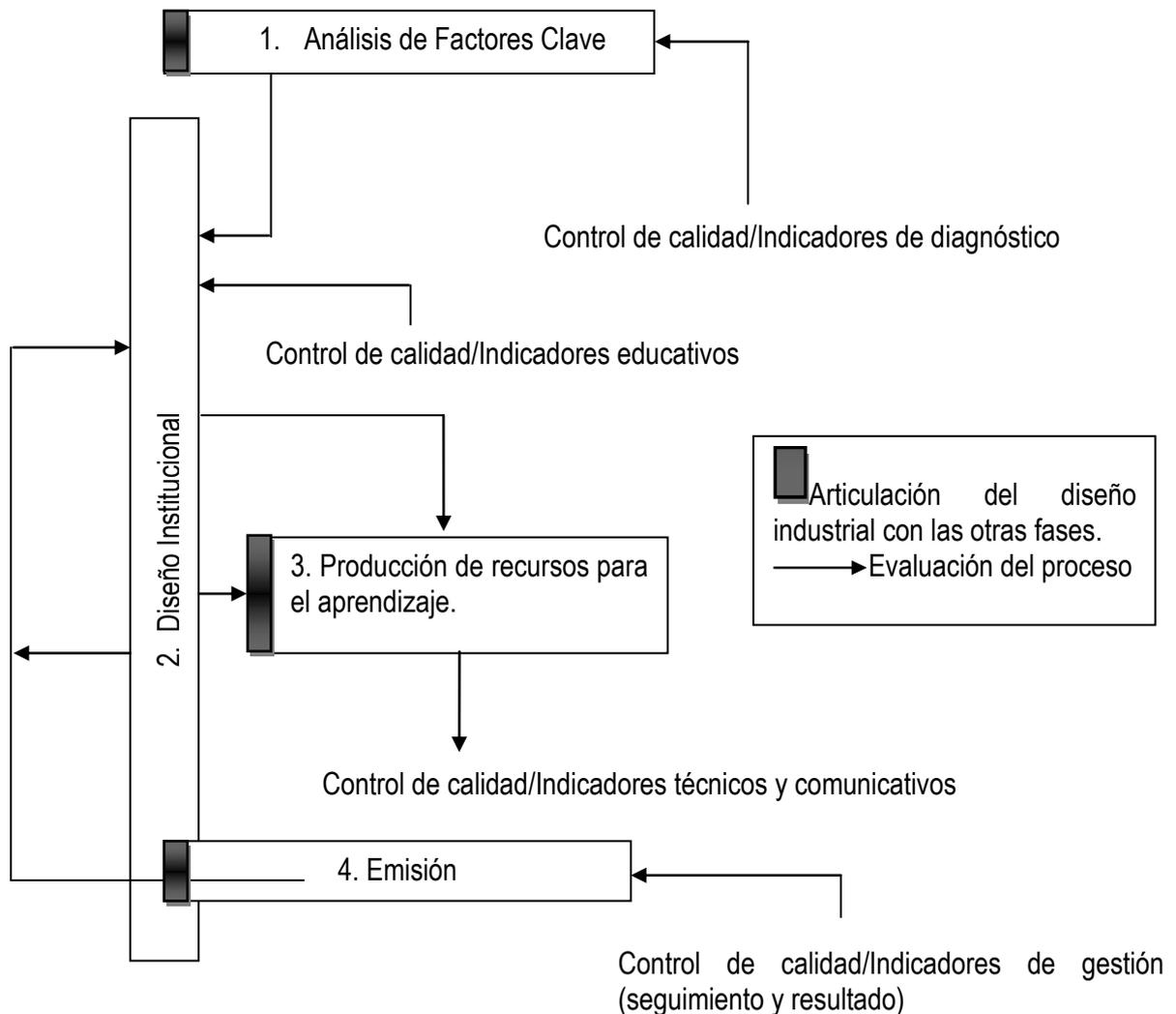
- Análisis: El objetivo principal de esta fase es la identificación, estudio y consideración de los factores relacionados con el usuario, el contexto, la naturaleza de los contenidos, las condiciones tecnológicas, las características generales del aprendiz, el tipo de recursos de aprendizaje que se van a utilizar, etc., esta fase se considera uno de los insumos principales para la siguiente fase.
- Diseño instruccional: En esta fase se seleccionan los objetivos de aprendizaje o competencias a desarrollar, las estrategias de aprendizaje a implementar, la estructura de contenidos, los recursos necesarios, la evaluación; en este apartado también se contemplan actividades periféricas (retroalimentación, orientación a los equipos de producción, etc.) que atienden la articulación entre las demás fases del macroproceso.
- Producción de recursos de aprendizaje: Se nutre de los entregables producidos en la fase de diseño instruccional, los entregables pueden ser de diversa naturaleza desde archivos de texto, mapas, gráficos, etc.
- Emisión: Esta fase comienza con el uso mismo del producto del macroproceso (Chiappe, 2008).

El “diseño instruccional” se concibe en esta tesis, como una metodología de planificación pedagógica y como lo maneja Chiappe, una de las fases necesarias para la producción de materiales educativos, en este caso las “Guías Didácticas para el docente de Educación Básica que permitan abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea”.

Las fases de este proyecto son:

- a) Análisis de factores clave
- b) Diseño instruccional
- c) Producción

La fase de diseño instruccional se considera como la fase transversal de la producción de las guías y pilar del mismo (Figura No. 2).



**Figura No. 2. Fases para la producción de las guías didácticas para el docente de Educación Básica-Tomado de Chiappe (2008)**

Para diseñar las tres Guías didácticas del docente de Educación Básica se utilizó el modelo de Diseño Instruccional ADDIE, en sus fases de:

- 1) Análisis de los factores clave,
- 2) Diseño instruccional
- 3) Producción del material

#### **4.3 Consulta a expertos**

El material redactado fue revisado con expertos en el área de geología, agua subterránea, fluorosis, arseniosis, todos ellos profesores de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, de las Facultades de Geología, Ingeniería y Medicina. Los temas de Educación Básica fueron tratados con profesores del sistema de Educación Básica de la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado. La finalidad del ejercicio fue para desarrollar las lecturas de carácter técnico especializadas que forman parte de las guías.

## **CAPÍTULO V. DISEÑO DEL PROYECTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN CRÓNICA A FLUORURO Y ARSÉNICO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

### **5.1 Características básicas del proyecto**

#### **5.1.1 Objetivos**

El Proyecto de educación ambiental para disminuir la exposición crónica a fluoruro y arsénico en el estado de San Luis Potosí, tiene como objetivos generales:

- Promover en los docentes de Educación Básica la adquisición y fortalecimiento de los conocimientos, actitudes y valores acerca de la problemática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico, que enfrenta el estado de San Luis Potosí en las zonas Altiplano, Centro y Media.
- Contribuir a la divulgación de la información acerca de la problemática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico.
- Presentar una “guía didáctica para el docente de Educación Básica que permita abordar en el aula el tema de la contaminación del agua subterránea”.

#### **5.1.2 Población objetivo**

El proyecto está dirigido a los alumnos que cursan el:

- Tercer grado de Educación Preescolar.
- Tercer grado de Educación Primaria.
- Primer grado de Educación Secundaria.

#### **Población vehículo:**

Profesores frente a grupo de los grados mencionados anteriormente, considerados en el rol de facilitadores en la construcción del aprendizaje de los alumnos.

La selección de estos grados obedece a que:

1. Cada uno de ellos hacen referencia a un nivel educativo perteneciente a la Educación Básica.
2. En estos grados, algunas de las asignaturas correspondientes al campo de formación “Exploración del mundo natural y social” abordan temas concernientes a la promoción de la salud y/o cuidado del medio ambiente y dentro de estas asignaturas se puede recurrir al principio de transversalidad de los temas de fluorosis y arseniosis.
3. El tercer grado de educación preescolar y tercer grado de educación primaria corresponden al primer y segundo periodo escolar, en los cuales se definen los Estándares Curriculares que los alumnos lograrán al concluir estos dos periodos.

El presente proyecto consiste en el diseño, elaboración y producción de:

- Una guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar.
- Una guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria.

- Una guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria.

## 5.2 Fases de desarrollo del proyecto

### 5.2.1 Análisis de factores clave

Para generar el diseño y elaborar las “Guías didácticas para el docente de Educación Básica que permitan abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea” es necesario tomar en consideración factores extrínsecos e intrínsecos al acto educativo.

En un primer punto se destaca la importancia del sistema educativo como una de las estructuras más sólidas y con mayor cobertura en nuestro país, para esta tesis los niveles educativos considerados son el de preescolar, primaria y secundaria, la presencia de estos niveles en el estado de San Luis Potosí se pueden ver reflejados en las cifras que presenta el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el año 2009, el cual indica que existen 3 133 escuelas de nivel preescolar, 3 453 escuelas de educación primaria y 1 590 escuelas de educación secundaria, para el ciclo escolar 2010-2011 este mismo Instituto reportó un total de 44 181 docentes en el estado, cifra que se encuentra dividida en dividida en 6 607 docentes de preescolar, 14 589 de primaria y 10 942 de secundaria (INEGI, 2009)

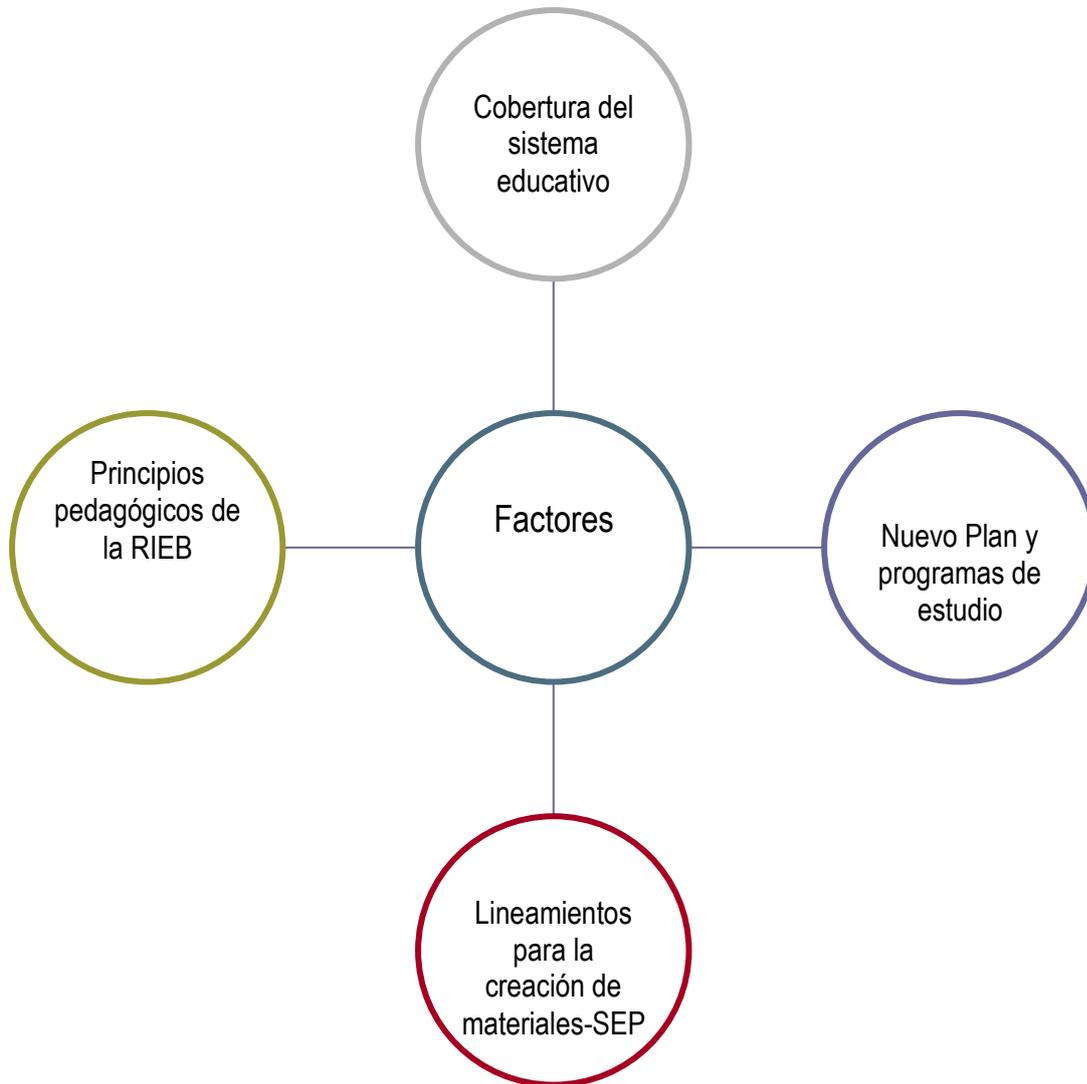
Otro factor a considerar es la obligatoriedad para los Estados Unidos Mexicanos de un nuevo Plan y programas de estudio para preescolar, primaria y secundaria, por lo tanto se consideran documentos rectores el Acuerdo número 592 por el que se establece la articulación de la Educación Básica, el Plan de estudios 2011. Educación Básica, programas de estudio 2011 de 1° a 3er grado de educación preescolar, programas de estudio 2011 de 1° a 6° grado de educación primaria y los programas de estudio 2011 de 1° a 3er grado de educación secundaria.

La Dirección General de Materiales Educativos de la Subsecretaría de Educación Básica de la Secretaría de Educación Pública estableció los lineamientos para la creación de los materiales educativos, en éstos se destacan los siguientes lineamientos:

- Las actividades se orientan al desarrollo de competencias
- Se propicia la formalización de conocimientos
- Las evaluaciones favorecen el análisis y la reflexión
- Redacción sencilla, breve y clara, adecuada para el nivel y grado escolar,
- Capacidad cognoscitiva y de comprensión de los alumnos.
- Proporción texto-imagen según el nivel y el grado.
- Tipografía adecuada para las capacidades lectoras de cada nivel y grado.

Los Principios pedagógicos que marca la RIEB son otro factor a considerar en el diseño de las guías, en éstos se explicitan las condiciones esenciales para la implementación del currículo propuesto, la transformación de la práctica docente y el logro del perfil de egreso.

El siguiente esquema (Figura No. 3) muestra de manera general los diferentes factores que inciden en el desarrollo de las guías didácticas para el docente de Educación Básica que permitan abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico.



**Figura No. 3. Factores implicados en el desarrollo de las guías didácticas para el docente de Educación Básica**

## 5.2.2 Diseño instruccional

### 5.2.2.1 Propósitos de las guías

La guía didáctica de tercer grado de educación preescolar tiene como objetivo primordial: Proporcionar herramientas didácticas para promover las medidas de higiene personal y el uso y cuidado del agua en las mismas.

La guía didáctica para el docente de tercer grado de educación primaria y la guía didáctica para el de primer grado de educación secundaria, tienen como propósito fundamental: Proporcionar herramientas didácticas para abordar en el aula los problemas de salud derivados de la exposición crónica a elementos contaminantes presentes en el agua subterránea (fluoruro y arsénico), y coadyuvar a promover la salud de los estudiantes.

### 5.2.2.2 Fundamentación psicopedagógica de las guías

Las bases psicopedagógicas que sustentan las Guías son: la teoría constructivista, dentro de esta visión se hace alusión a la psicología cognitiva y en concreto a la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel y en los principios pedagógicos que sustentan el Plan de estudios 2011 de la Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB).

La teoría constructivista es la corriente epistemológica que sustenta que el conocimiento es producto de la actividad cognitiva, experiencial o subjetiva del sujeto. El sujeto, su actividad y contexto interaccionan para construir el conocimiento. En esta postura lo construido se encuentra influido por las interacciones (reorganización, reestructuración, redescipción) entre el objeto a conocer (realidad) y el sujeto (conocimientos previos, disposición hacia el aprendizaje, características personales, etc.) (Hernández, 2008); para Juan Delval es la postura epistemológica que afirma que “el sujeto cognoscente construye el conocimiento”, por ello se da por supuesto que cada individuo requiere construir sus propios conocimientos, sin embargo existe la posibilidad de la ayuda de otros para “facilitar” dicha construcción (Rodrigo y Arnay, 1997).

La postura constructivista del aprendizaje escolar se fundamenta en que la finalidad última de la educación es promover el crecimiento de los seres humanos en el ámbito de la cultura que les rodea; pero los aprendizajes no se lograrán a menos que se proporcione una ayuda intencionada y específica a través de la participación del alumno en actividades intencionadas, planificadas y sistemáticas que permitan una actividad mental constructivista (Coll, 1995).

Diversos teóricos constructivistas sostienen que a través de los aprendizajes significativos es que el aprendiz construye significados que acrecientan su conocimiento y contribuyen a su crecimiento personal. Por lo tanto todo esfuerzo instruccional debería estar encaminado a que el alumno logre un aprendizaje significativo, una memorización comprensiva de los contenidos escolares y la funcionalidad de lo aprendido.

Esta propuesta utiliza la teoría de la asimilación y del aprendizaje significativo de Ausubel, que se enmarca en las teorías cognitivas o cognoscitivas del aprendizaje que sostiene que el ser humano es activo en la búsqueda del conocimiento y conciben el aprendizaje como un “cambio más o menos permanente de los conocimientos o de la comprensión, debido a la reorganización tanto de experiencias pasadas como de la información” (Océano, 2000). Cuando en el ámbito

escolar el alumno ha aprendido un contenido, ya sea de índole conceptual, procedimental o actitudinal, es que ha sido capaz de otorgarle un significado, aunque este significado represente sólo una parte del conocimiento. Con esta visión los aprendizajes deberían ser lo más significativos posibles, esto abre la perspectiva de una enseñanza que lleve a los alumnos a que profundicen y amplíen los significados que construyen. Es decir que los alumnos sean capaces de establecer relaciones sustantivas y no arbitrarias entre lo que aprenden y lo que ya conocen. Para Ausubel “la relación sustancial y no arbitraria se establece cuando las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno” (Coll, 1995; Coll, 1990).

Para un aprendizaje significativo se requiere que el contenido sea susceptible de propiciar la construcción de significados, para que esto sea posible, el contenido debe poseer una significatividad lógica y una significatividad psicológica; la significatividad lógica está compuesta por una cierta lógica interna y la manera como se presenta el contenido al estudiante. El otro componente, la significatividad psicológica hace referencia a que un alumno logre construir relaciones no arbitrarias del contenido por aprender, con lo que ya sabe; esta significatividad psicológica es quien le da importancia al “conocimiento previo del alumno, como el factor decisivo en el momento de afrontar la adquisición de nuevos conocimientos” (Ausubel *et al.* 1983).

Otro elemento esencial para el logro de aprendizajes significativos tiene que ver con la “actitud favorable” del alumno para aprender significativamente, por actitud favorable hacia un aprendizaje significativo se entiende la “intencionalidad del alumno para relacionar el nuevo material de aprendizaje con lo que ya conoce, con los significados ya construidos” (Coll, 1990), pero en gran medida esto dependerá de dos factores: del propio alumno y del profesor, por parte del alumno será la motivación por aprender significativamente y por parte del profesor la habilidad para “despertar e incrementar esta motivación”. De lo anterior se desprende la importancia de la “memorización comprensiva” de los nuevos contenidos a fin de insertarlos en la trama de significados ya adquiridos e incrementar nuevas relaciones, para disponerlas a nuevas situaciones, por lo que un aprendizaje significativo tiene “un elevado valor funcional”, porque es un aprendizaje que puede crear nuevos significados (Coll, 1995; Coll, 1990).

Un aspecto primordial a considerar para generar aprendizajes significativos, es una enseñanza en donde el docente le plantee al alumno actividades que le lleven a la reflexión acerca de lo que va a aprender, con esta orientación la concepción de la enseñanza como transmisión de conocimientos, es superada, al considerarse “como un proceso de ayuda que se va ajustando en función de cómo ocurre el progreso en la actividad constructiva de los alumnos”; y un apoyo o ayuda de lo que se vale el docente lo constituyen las estrategias de enseñanza, entendidas como “procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos” (Díaz-Barriga y Hernández, 2001; Santillana, 1983).

Las estrategias de enseñanza se utilizan a lo largo de una secuencia de enseñanza, es decir al inicio o apertura del proceso enseñanza-aprendizaje en el desarrollo (durante) o al finalizar o terminar dicha secuencia; por tal razón una de las clasificaciones dadas a las estrategias de enseñanza corresponden al momento que se utilizan y presentan, las que se usan como apertura o inicio, se denominan pre-instruccionales, las coinstruccionales son para utilizarse en el momento de desarrollo o durante el proceso y las postinstruccionales se utilizan al finalizar el proceso. Algunas de estas estrategias se seleccionaron para planear el proceso de enseñanza-

aprendizaje en las guías de tercer grado de educación preescolar y primaria así como de primer grado de educación secundaria (Díaz-Barriga y Hernández, 2001).

Para la elaboración de las guías se retomaron los principios pedagógicos por los cuales se rige el Plan de estudios 2011 de la Reforma Integral de Educación Básica, los cuales a continuación se enuncian y en la Fundamentación Pedagógica de cada guía se explicita cuáles fundamentos se consideraron y cuáles se ponen en práctica:

- 1) Centrar la atención en los estudiantes y en sus procesos de aprendizaje.
- 2) Planificar para potenciar el aprendizaje.
- 3) Generar ambientes de aprendizaje.
- 4) Trabajar en colaboración para construir el aprendizaje.
- 5) Poner énfasis en el desarrollo de competencias, el logro de Estándares Curriculares y los aprendizajes esperados.
- 6) Usar materiales educativos para favorecer el aprendizaje.
- 7) Evaluar para aprender.
- 8) Favorecer la inclusión para atender a la diversidad.
- 9) Incorporar temas de relevancia social.
- 10) Renovar el pacto entre el estudiante, el docente, la familia y la escuela.
- 11) Reorientar el liderazgo.
- 12) La tutoría y la asesoría académica a la escuela.

### **5.2.2.3 Estructura general de las guías**

Las tres guías antes mencionadas se encuentran estructuradas en cuatro apartados:

1. La fundamentación técnica: proporciona al docente la información científica pertinente acerca de la temática del problema a abordar. Inicia explicando el origen de la contaminación natural del agua subterránea por fluoruro y arsénico, identifica lugares a nivel local, nacional e internacional en los cuales se han estimado las concentraciones de estos elementos en el agua de consumo y aporta evidencia científica acerca de los efectos adversos a la salud de la población, ocasionados por la exposición a estos contaminantes.
2. La fundamentación psicopedagógica: enuncia las particularidades de tipo psicológico y pedagógico necesarias para generar un ambiente de aprendizaje propicio, que permita desarrollar en el alumno competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales respecto a la problemática antes señalada.
3. Unidades didácticas: plantean los aprendizajes esperados y Estándares Curriculares, los cuales corresponden a competencias de tipo conceptual mostradas en color anaranjado, procedimental en color rojo y valoral en color verde, se sugieren estrategias de enseñanza que permitan alcanzar los propósitos enunciados, así como algunos instrumentos de evaluación.
4. Anexos: el docente encontrará los recursos didácticos necesarios para implementar el programa propuesto, sin dejar de considerar que son sugerencias que se pueden adaptar y mejorar de acuerdo al contexto y creatividad de cada docente.

#### **5.2.2.4 Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar**

La presente Guía está diseñada para aplicarse en el aula del Tercer grado de Educación Preescolar, en el campo de formación de: *Exploración y comprensión del mundo natural y social*, en el aspecto de: *Desarrollo físico y salud*.

**Contenidos a desarrollar:** A través de la Unidad Didáctica denominada: Higiene personal y cuidado del agua, se aborda el tema: Medidas de higiene personal y cuidado del agua.

**Diseño instruccional de la Guía didáctica para abordar la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar.** (Cuadro No. 6).

**Saberes previos:** La presente unidad didáctica se podrá poner en práctica con alumnos que hayan cursado previamente el primer y segundo grado de preescolar, ya que en estos grados se realizan actividades introductorias acerca de la higiene personal, así mismo cada alumno trae consigo un bagaje de aprendizajes acerca del tema, desarrollados en el seno familiar.

**Cuadro No. 6. Diseño instruccional de la Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación preescolar**

<b>Unidad didáctica:</b>	1	<b>Tema:</b>	1. Medidas de higiene personal y cuidado del agua	<b>Tiempo global estimado:</b>	75 minutos
--------------------------	---	--------------	---	--------------------------------	------------

<b>Objetivo</b>	<b>Estrategia de enseñanza/aprendizaje</b>	<b>Recursos incluidos en la guía</b>
1.1 Reflexionar acerca de los usos, frecuencia y utilidad de algunos artículos de higiene personal en la vida de los alumnos.	1.1 Presentar a los alumnos artículos utilizados en la higiene personal (cepillo de dientes, pasta dental, peine, jabón, toallas) para activar sus conocimientos previos en un ambiente de discusión y reflexión.	
1.2 Conocer la forma adecuada de realizar el: baño, lavado de manos y dientes así como medidas de cuidado del agua que el alumno puede poner en práctica.	1.2 Mostrar las ilustraciones contenidas en el Anexo 1 y con base en el Texto 1: Hábitos de higiene personal y cuidado del agua, explicar a los alumnos el propósito de la higiene personal y la forma correcta de realizar las siguientes acciones: baño, lavado de manos y dientes. Enfatizar el cuidado del agua en dichas acciones.	1.2 Anexo 1 (Imágenes 1 a 25) 1.2 Anexo 2 (Texto 1: Hábitos de higiene personal y cuidado del agua)
1.3 Identificar la función de los diferentes artículos utilizados para la higiene personal.	1.3 Entregar a los alumnos la Hoja de actividades 1 y pedir relacionen con una línea el artículo de higiene personal que necesita para limpiar cada parte del cuerpo.	1.3 Anexo 3 (Hoja de actividades 1)
1.4 Reflexionar acerca de las medidas que permiten cuidar la salud y el agua	1.4 Entregar a cada alumno el cuento: Súper Astro, leerlo en voz alta para generar un ambiente de reflexión acerca de las acciones realizadas por los protagonistas.	1.4 Anexo 4: Cuento: Súper Astro
1.5 Enfocar la atención a las medidas que permiten cuidar su salud y el agua.	1.5 Preguntar a los alumnos, las acciones que realiza Ale para mejorar su salud.	1.5 Anexo 4: Cuento: Súper Astro
1.6 Analizar las medidas que permiten cuidar su salud y el agua	1.6 Resaltar las actitudes positivas del cuidado de la salud y del agua expresadas en el cuento.	1.6 Anexo 4: Cuento: Súper Astro
1.7 Reafirmar medidas que permiten cuidar su salud y el agua	1.7 Pedir a los alumnos que dibujen acciones para el cuidado del agua cuando se baña, lava las manos y los dientes.	

### **5.2.2.5 Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria**

La presente Guía está diseñada para aplicarse como contenido transversal en la materia de *Ciencias Naturales, Bloque I* denominado *¿Cómo mantener la salud? Me reconozco y me cuido* y pretende complementar el contenido: *¿Para qué me alimento y cómo me nutro?*

**Contenidos a desarrollar:** Los contenidos se encuentran organizados en una Unidad didáctica, denominada Agua para uso y para consumo y son los siguientes:

- 1) Usos del agua.
- 2) Tipos de agua.
- 3) El fluoruro: como contaminante del agua de la llave.

**Diseño instruccional de la Guía didáctica para abordar la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria.** (Cuadro No. 7).

**Saberes previos:** La presente unidad didáctica se podrá poner en práctica cuando el docente haya abordado en el aula el Tema 3: Dieta, los grupos de alimentos y se hayan desarrollado las estrategias de enseñanza/aprendizaje pertinentes del subtema la jarra del buen beber.

**Cuadro No. 7. Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del tercer grado de educación primaria**

<b>Unidad didáctica:</b>	1	<b>Tema:</b>	1. Usos del agua 2. Tipos de agua 3. El fluoruro y el arsénico: como contaminantes del agua de la llave	<b>Tiempo global estimado:</b>	120 minutos
--------------------------	---	--------------	---	--------------------------------	-------------

<b>Objetivos</b>	<b>Estrategia de enseñanza-aprendizaje</b>	<b>Recursos incluidos en la guía</b>
1.1 Identificar algunas actividades que se realizan utilizando el agua.	1.1 Propiciar una lluvia de ideas acerca de los usos del agua para activar los conocimientos previos de los alumnos.	
1.2 Recordar y reconocer los usos convencionales del agua.	1.2 Mostrar imágenes que representan los usos convencionales del agua con el propósito de activar los conocimientos previos de los alumnos y ampliar la información sobre los usos del agua.	1.2 Anexo 1 (Imágenes 1 a 8).
1.2.1 Identificar usos no convencionales del agua.	1.2.1 Generar un ambiente de discusión que permita a los alumnos expresar su opinión acerca de los usos del agua representados en las imágenes anteriores.	
2.1 Conocer el tipo de agua a utilizar en las diferentes actividades.	2.1 Plantear preguntas orales que permitan propiciar la reflexión acerca de si debemos utilizar el mismo tipo de agua para todas las actividades y así focalizar la atención sobre el tipo de agua a utilizar.	
2.1.1 Identificar las características del agua de uso y el agua de consumo.	2.1.1 Para promover una organización global más adecuada de la información nueva a aprender, puntualizar los conceptos: Agua de uso y Agua de consumo, a través de un diagrama de árbol.	2.1.1 Anexo 2 (Diagrama de árbol 1: Clasificación de los usos del agua)
2.2 Relacionar actividades donde se utiliza el agua con los tipos de agua.	2.2 Mostrar nuevamente las imágenes para que los alumnos mejoren la codificación de la información	2.2 Anexo 1 (Imágenes 1 a 8)

Objetivos	Estrategia de enseñanza-aprendizaje	Recursos incluidos en la guía
	aprendida.	
2.3 Reafirmar los tipos de agua.	2.3 Plantear preguntas escritas acerca de diversas actividades donde se utilice el agua y el tipo de agua a utilizar, con el propósito de construir conexiones internas y externas.	
2.4 Relacionar el conocimiento nuevo con su entorno.	2.4 Pedir a los alumnos observen y escriban los usos que su familia le da al agua y el tipo de agua que utilizan para cada una de las actividades.	2.4 Anexo 3 (Cuadro 1: Actividad en tu entorno)
3.1 Promover una organización global más adecuada de la información nueva a aprender (El fluoruro: como contaminante del agua de la llave). 3.1 Mejorar la codificación de la información por aprender.	3.1 Explicar las consecuencias a la salud que puede provocar utilizar agua de la llave como agua de consumo a través del texto descriptivo 1: Principales contaminantes presentes en el agua de la llave, en el Diagrama de árbol 2 y las imágenes 8 y 9.	3.1 Anexo 1 (Imagen 9 y 10) 3.1 Anexo 2 (Diagrama de árbol 2: Contaminantes presentes en el agua de la llave) 3.1 Anexo 4 (Texto descriptivo 1: Principales contaminantes presentes en el agua de la llave )
3.2 Organizar la información con la intención de lograr una representación correcta y reafirmar el conocimiento generado.	3.2 Pedir a los alumnos elaboren carteles con el tema ¿Por qué debemos evitar tomar agua de la llave?	
3.3 Evaluación formativa.	3.3 Evalúe el producto a través de una matriz.	3.3 Anexo 5 (Matriz de evaluación ¿Por qué debemos evitar tomar agua de la llave?)

### **5.2.2.6 Guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria.**

La presente Guía está diseñada para aplicarse dentro del campo de formación: Exploración y comprensión del mundo natural y social, como contenido transversal en la materia de Ciencia I (con énfasis en Biología).

**Contenidos a desarrollar:** El contenido a desarrollar en esta unidad son: El agua subterránea y ¿Es posible que el agua de consumo provoque enfermedades?, respectivamente.

**Diseño instruccional de la Guía didáctica para abordar la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria. Unidad 1** (Cuadro No. 8).

**Saberes previos:** La unidad didáctica 1 se podrá poner en práctica posterior a que el docente haya abordado en el aula el subtema: El ciclo del agua, contenido en el tema: Importancia de la conservación de los ecosistemas, en el Bloque I.

**Diseño instruccional de la Guía didáctica para abordar la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria. Unidad 2** (Cuadro No. 9).

**Saberes previos:** La presente unidad didáctica se podrá poner en práctica cuando el docente haya abordado en el aula el subtema: Prevención de las enfermedades relacionadas con la nutrición, presentado en el tema: Importancia de la nutrición para la vida diaria, del Bloque II.

**Cuadro No. 8. Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria**

<b>Unidad didáctica:</b>	1	<b>Tema:</b>	1. El ciclo hidrológico 2. Relación entre el ciclo hidrológico y el agua subterránea	<b>Tiempo global estimado:</b>	75 minutos
--------------------------	---	--------------	---	--------------------------------	------------

<b>Objetivos</b>	<b>Estrategia de enseñanza-aprendizaje</b>	<b>Recurso incluidos en la guía</b>
1.1 Recordar la función del ciclo hidrológico.	1.1 Utilizar la Ilustración 1: El ciclo hidrológico para alentar la participación de los alumnos.	1.1 Anexo 1 (Ilustración 1: El ciclo hidrológico).
1.2 Identificar las fases y procesos del ciclo hidrológico.	1.2 Pedir a los alumnos completar el llenado de un dibujo que represente los conceptos y relaciones más relevantes del ciclo hidrológico para activar sus conocimientos previos.	1.2 Anexo 2 (Hoja de actividades 1: El proceso del ciclo hidrológico).
1.3 Evaluación diagnóstica.	1.3 Recoger el material para su evaluación a través de una rúbrica.	1.3 Anexo 6 (Evaluación 1: Rúbrica para evaluar la hoja de actividades 1: El proceso del ciclo hidrológico).
2.1 Analizar qué es y dónde se encuentra el agua subterránea.	2.1 Proporcionar a los alumnos el texto: El agua subterránea, para leer de manera alternada.	2.1 Anexo 3 (Texto 1: El agua subterránea).
2.2 Relacionar el agua subterránea con el ciclo hidrológico.	2.2 Pedir a algún alumno señale en la Ilustración 2: Relación entre el ciclo hidrológico y el agua subterránea, lo que se describe en la lectura, para mejorar la codificación de la información por aprender.	2.2 Anexo 1 (Ilustración 2: Relación entre el ciclo hidrológico y el agua subterránea, con base en lo descrito en la lectura).
2.3 Orientar la atención de los alumnos sobre aspectos relevantes del contenido.	2.3 Pedir a los alumnos identifiquen las palabras en negrillas en el texto 1 y con base en ellas elaboren un tríptico acerca del tema.	2.3 Anexo 3 (Texto 1: El agua subterránea).
2.4 Evaluación formativa.	2.4 Solicitar la producción y evaluar a través de	2.4 Anexo 6 (Evaluación 2: Matriz

Objetivos	Estrategia de enseñanza-aprendizaje	Recurso incluidos en la guía
2.5 Analizar datos acerca del agua subterránea en el estado de San Luis Potosí.	una matriz de evaluación. 2.5 Consultar la sección ¿Sabías qué? para guiar la atención de los alumnos para abordar contenidos locales.	de evaluación para el cartel). 2.5 Anexo 4 (¿Sabías qué?)
2.6 Demostrar la capacidad de disolución del agua.	2.6 Orientar a los alumnos en el desarrollo de un experimento para mejorar la codificación de la información por aprender.	2.6 Anexo 5 (Procedimiento de la práctica 1: Disolución en el agua, Hoja de registro de la práctica 1:Disolución del agua)
2.7 Analizar la disolución de diferentes elementos en el agua.	2.7 Enfatizar la información relevante del contenido (dependiendo de los minerales que forman el acuífero serán las sustancias que se disuelvan en el agua).	2.7 Anexo 3 (Texto 2: Disolución de elementos en el agua) 2.7 Anexo 1 (Ilustración 3: Disolución de diferentes tipos de minerales en el agua subterránea).
2.8 Identificar la disolución del fluoruro en el agua.	2.8 Solicitar a los alumnos argumenten por escrito la siguiente pregunta: ¿Si uno de los elementos que componen las rocas del acuífero es el flúor, éste podrá disolverse en el agua? con el propósito de organizar la información y reafirmar el conocimiento generado.	
2.9 Evaluación formativa	2.9 Evaluar la producción a través de una lista de cotejo.	2.9 Anexo 6 (Evaluación 3: Lista de cotejo para evaluar la argumentación de los alumnos a la pregunta: ¿Si uno de los elementos que componen las rocas del acuífero es el flúor, éste podrá disolverse en el agua?)

**Cuadro No. 9. Diseño instruccional de la guía didáctica para abordar el tema de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico. Propuesta para el docente del primer grado de educación secundaria. Unidad 2**

<b>Unidad didáctica:</b>	2	<b>Tema:</b>	1. El fluoruro y el arsénico como contaminante del agua subterránea	<b>Tiempo global estimado:</b>	75 minutos
--------------------------	---	--------------	---	--------------------------------	------------

Objetivos	Estrategia de enseñanza-aprendizaje	Recursos contenidos en la guía
2.1 Recordar algunas enfermedades relacionadas con el consumo de agua.	2.1 Propiciar una lluvia de ideas acerca de enfermedades relacionadas con el consumo de agua, con el propósito de activar los conocimientos previos.	
2.2 Identificar al fluoruro y al arsénico como contaminantes del agua subterránea y las enfermedades relacionadas con la exposición a fluoruro.	2.2 Organizar al grupo en equipos para leer y posteriormente comentar el contenido del Texto 3: El fluoruro y el arsénico: contaminantes naturales del agua subterránea, con el propósito de proporcionar la nueva información por aprender y crear expectativas adecuadas.	2.2 Anexo 3 (Texto 3: El fluoruro y el arsénico: contaminantes naturales del agua subterránea).
2.3 Puntualizar los daños a la salud provocados por la exposición a fluoruro.	2.3 Distribuir la Hoja de actividades 2: Preguntas eje, para que los alumnos reflexionen acerca de la temática presentada en el Texto 3.	2.3 Anexo 2 (Hoja de actividades 2: Preguntas eje).
2.4 Puntualizar la información relevante por aprender.	2.4 Alentar la participación de los alumnos para retroalimentar y/o corregir el contenido de la actividad anterior.	
2.5 Visualizar una de las manifestaciones clínicas de la exposición a fluoruro por el agua de consumo.	2.5 Presentar imágenes que muestran las manifestaciones clínicas de la fluorosis dental.	2.5 Anexo 1 (Imagen 4: Manifestaciones clínicas de la fluorosis).
2.6 Identificar hábitos de riesgo y medidas preventivas acerca de la exposición a fluoruro y arsénico.	2.6 Dirigir una lectura comentada del Texto 4: Medidas preventivas para evitar la exposición a fluoruro y arsénico.	2.6 Anexo 3 (Texto 4: Medidas preventivas para evitar la exposición a fluoruro y arsénico).

Objetivos	Estrategia de enseñanza-aprendizaje	Recursos contenidos en la guía
2.7 Reforzar el conocimiento adquirido.	2.7 Alentar la participación de los alumnos para exponer sus ideas, dudas o comentarios respecto a la actividad anterior.	
2.8 Identificar hábitos de riesgo y medidas preventivas acerca de la exposición a fluoruro y arsénico.	2.8 Distribuir la Hoja de actividades 3: Medidas preventivas.	2.8 Anexo 2 (Hoja de actividades 3: Medidas preventivas).
2.9 Puntualizar los riesgos y medidas preventivas acerca de la exposición a fluoruro y arsénico.	2.9 Promover la participación de los alumnos a fin de ampliar y/o corregir la información.	
2.10 Relacionar el conocimiento nuevo con su entorno.	2.10 Pedir a los alumnos identificar en su entorno casos de fluorosis dental a través de un cuestionario.	2.10 Anexo 3 (Hoja de actividades 4: Actividad en tu entorno).
2.11 Relacionar el conocimiento nuevo con su entorno.	2.11 Alentar la participación y reflexión de los resultados destacando la importancia de conocer el origen de la fluorosis dental y sus medidas preventivas.	
2.12 Evaluación formativa	2.12 Evaluar la actividad de investigación a través de una matriz.	2.12 Anexo 6 (Evaluación 4: Matriz para evaluar la actividad de investigación en tu comunidad).
2.13 Proponer soluciones de tipo conductual para prevenir los daños a la salud causados por la exposición crónica a fluoruro y arsénico.	2.13 Pedir a los alumnos respondan y analicen a través de un papelógrafo la siguiente pregunta: ¿Qué acciones propones para prevenir los daños causados por el fluoruro contenido en el agua de consumo?, con el propósito de lograr una representación correcta de la información y reafirmar el conocimiento generado.	
2.14 Evaluación formativa	2.14 Evaluar a través de Evaluación 5-Matriz para	2.14 Anexo 5 (Evaluación 5:

Objetivos	Estrategia de enseñanza-aprendizaje	Recursos contenidos en la guía
	evaluar la pregunta.	Matriz para evaluar la pregunta ¿Qué acciones propones para prevenir los daños causados por el fluoruro y arsénico contenido en el agua de consumo?

### 5.2.3 Producción

La producción final de las guías fue realizada por profesionales del área de Diseño Gráfico, a quienes se les proporcionó el formato para desarrollar las guías impresas.

### 5.3 Contribución de los aprendizajes esperados al perfil de egreso

Por medio de estas guías didácticas se propone contribuir al logro de la competencia: promover y asumir el cuidado de su salud y el medio ambiente, se inicia en el preescolar con la identificación de las medidas de higiene personal, haciendo énfasis en las que incluyen el uso del agua, se promueve el uso correcto y cuidado del agua en sus actividades de higiene personal, para lograr que el alumno valore la limpieza personal y el consumo adecuado del agua como factores importantes para el mantenimiento de un buen estado de salud.

Tomando como base los aprendizajes logrados en el preescolar y en el primer y segundo grados de educación primaria, en el tercer grado se plantea que los alumnos no sólo identifiquen las características necesarias que debe tener el agua de consumo y el agua de uso, sino que desarrollen habilidades para distinguir los distintos usos y logren valorar las consecuencias que ocasiona a la salud el tomar el agua de la llave.

El logro de aprendizajes en su trayecto formativo y su desarrollo cognoscitivo, el alumno de primer grado de educación secundaria relacionará el ciclo hidrológico con el origen del agua subterránea e identificará la importancia del agua para la vida de los seres humanos, avanzará en el conocimiento de la existencia de elementos contaminantes como el flúor causante de enfermedades relacionadas con el consumo de agua e identificará aquellos hábitos personales que ponen en riesgo su salud para culminar formulando propuestas de solución.

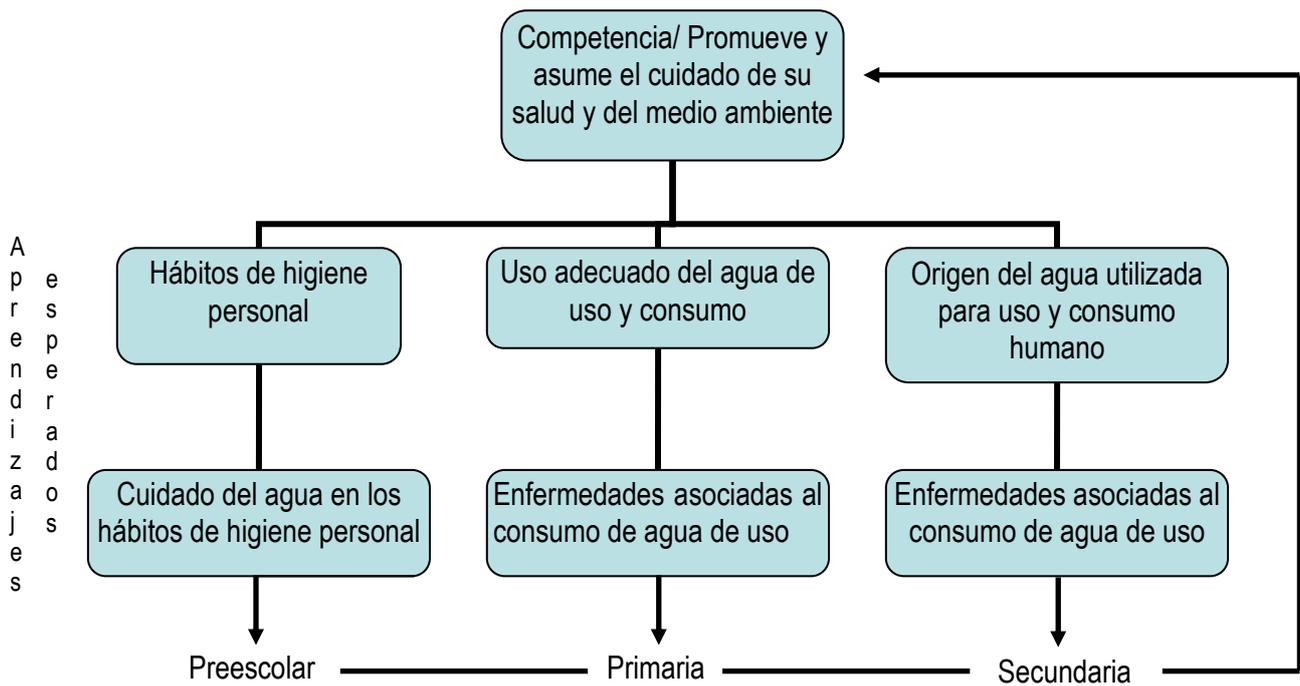


Figura No. 4. Los aprendizajes esperados y su relación con la competencia a desarrollar

## 5.4 Prospectiva de las guías

Las guías podrían ser implementadas en el nivel básico del sector educativo del estado de San Luis Potosí una vez que se cumpla con las fases que a continuación se describen:

- 1) Presentación del proyecto a las autoridades correspondientes al nivel básico de la Secretaría de Educación de Gobierno del Estado, para ser evaluada la relevancia, pertinencia y factibilidad del mismo.
- 2) Análisis de las guías por parte de los Consejos Técnicos y Jefes de Enseñanza del nivel básico para valorar la congruencia con los principios pedagógicos que marca la RIEB así como la estructura general de las mismas.
- 3) Análisis de las guías por un grupo de profesores de educación preescolar con una formación sólida en el ámbito pedagógico y didáctico, así como experiencia en el trabajo del aula a fin de valorar si la unidad didáctica propuesta contribuye a orientar un trabajo intencionado, organizado y sistemático que contribuya al logro de aprendizajes esperados en los mismos de acuerdo a los lineamientos establecidos en el programa de preescolar 2011, así como evaluar los recursos didácticos sugeridos y el tiempo estimado para su desarrollo.
- 4) Se propone un grupo de profesores de educación primaria y otro de educación secundaria con una formación sólida en el ámbito pedagógico y didáctico, así como experiencia en el trabajo a fin de evaluar: importancia y pertinencia de los aprendizajes esperados, secuencia y transversalidad del contenido y relaciones entre los elementos del contenido; secuenciación de actividades, pertinencia de las actividades de evaluación, congruencia entre la evaluación y los aprendizajes esperados; pertinencia de los recursos didácticos sugeridos y el tiempo estimado para el desarrollo de las unidades didácticas.
- 5) En su caso, adecuación de las guías por parte de los profesores que laboran en escuelas rurales de la zona Altiplano, Media y Centro a fin adaptarlas a las condiciones y características del contexto geográfico, económico, social y cultural.
- 6) Puesta en práctica por un grupo piloto de profesores de educación preescolar, primaria y secundaria de la región Altiplano, Centro y Media a fin de evaluar la factibilidad de su aplicación.
- 7) Posterior al trabajo piloto formación de equipos de trabajo a nivel urbano y rural para obtener información sobre las percepciones y valoraciones de las guías.
- 8) Rediseño y adecuación de cada una de las guías de acuerdo a las modificaciones dadas en el proceso anteriormente descrito.
- 9) Puesta en práctica en escuelas de Educación Básica.

Al finalizar cada año escolar se puede realizar una evaluación de la exposición a fluoruro y arsénico a través de biomarcadores.

## CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN

### 6.1 Problemática de fluoruro y arsénico en el agua de consumo humano

Tal como lo reportan numerosos estudios en países, como Argentina, China, India, Pakistán, Vietnam y México, el agua subterránea presenta una contaminación natural por fluoruro y/o arsénico, que depende del material del acuífero (Ortega, 2009; Smith *et al.*, 2000). En México se ha analizado el agua utilizada para el consumo humano proveniente de agua subterránea en localidades pertenecientes a los estados de Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí y Sonora, principalmente, encontrando la presencia de arsénico en ella; en Aguascalientes, Baja California Norte, Guanajuato, Durango y Zacatecas se ha identificado la presencia de fluoruro en toda la entidad; en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo y Puebla se ha establecido la presencia de fluoruro en algunas zonas de dichos estados (Litter y Bundschuh, 2010; Smedley y Kinniburgh, 2002, Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades de la Secretaría de Salud, 2004, Díaz-Barriga *et al.*, 1997).

Actualmente tanto el fluoruro como el arsénico están considerados dentro de las diez sustancias químicas que generan mundialmente problemas de salud pública (WHO, 2006 b). La fluorosis y la arseniosis causan trastornos a la salud, siendo los de mayor consideración los daños neurológicos y dentales para el fluoruro así como los neurotóxicos, el efecto carcinógeno y la asociación a la prevalencia de diabetes del arsénico (NRC,2006; ATSDR, 2003), (WHO, 2010; Vahter, 2008; ATSDR, 2007; Smith *et al.*, 2000; Abernathy *et al.* 1999).

En el Estado de San Luis Potosí, esta contaminación natural ha sido expuesta por la comunidad académica desde hace más de 30 años y aún no se han podido implementar en la entidad las medidas necesarias para proponer una solución definitiva al problema. Esto no es un problema sencillo de resolver, ya que entre los factores técnicos cobra importancia la complejidad para encontrar un procedimiento que disminuya la concentración de estos contaminantes en el agua que se surte desde la red pública, entre las concepciones culturales involucradas destaca que una parte de la población piensa que con el solo hecho de hervir el agua esta se encuentra apta para su consumo, mientras que la autoridad en materia de agua al utilizar técnicas de cloración considera que con esta acción el agua se considera potable, sin embargo para el caso de contaminantes inorgánicos y algunos orgánicos, la cloración y la temperatura no los disminuyen o eliminan. El nivel socioeconómico y la capacidad adquisitiva son factores económicos considerados en dicho problema ya que esta situación dificulta la compra y la utilización del agua purificada como agua de consumo humano, ejemplo de lo anterior son datos reportados por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social el cual estimó en el 2010, que en el estado de San Luis Potosí el 52.5% de la población se encontraba en situación de pobreza y el 14.7% en pobreza extrema (CONEVAL, 2011).

Así mismo falta una mayor y mejor coordinación e intercambio de información entre los diversos actores como gobierno federal, estatal, organismos nacionales, estatales y municipales encargados de la distribución del agua, los cuales juegan un papel decisivo en los factores políticos implicados.

En nuestro estado, los organismos encargados de suministrar el agua a los hogares, la Comisión Estatal del Agua y el organismo operador Interapas aunque han reconocido esta problemática, no han asumido su responsabilidad de informar a la población sobre la calidad del agua que se proporciona a los hogares, ya que no cumple con la normativa oficial y genera efectos a la salud en la población que la consume. Instituciones estatales como los Servicios de Salud de San Luis Potosí han diseñado e implementado intervenciones para hacer llegar esta información a algunas comunidades afectadas, entre estas medidas destacan: pláticas acerca de los riesgos a la salud provocados por la exposición a fluoruro y arsénico, dirigida a niños y adultos, elaboración y distribución de carteles invitando a la población a no consumir agua de la llave, así como la evaluación de riesgo para fluoruro, utilizando biomarcadores de exposición, sin embargo de acuerdo a las funciones propias y a los recursos de esta institución, hace que las intervenciones realizadas sean limitadas.

Esta situación es preocupante, ya que debido a la escasez del agua superficial, cada vez se utiliza más el agua subterránea para surtir a la población, sin embargo dadas las características actuales presentadas anteriormente, la solución que permita la erradicación total del problema se vislumbra a largo plazo y de manera parcial y los efectos adversos seguirán presentándose en la población expuesta, deteriorando de manera importante y significativa su salud.

## **6.2 Propuesta educativa**

Esta propuesta toma al factor educativo como el ámbito desde el cual se pueden diseñar estrategias que permitan coadyuvar en la solución y, a la educación ambiental como un campo del quehacer pedagógico por medio del cual se podrán complementar los cambios estructurales en la sociedad y sobre todo potencializar el desarrollo de capacidades que les permitan a los individuos movilizar conocimientos, actitudes y valores para actuar de manera adecuada para el cuidado de su salud y prevenir algunas enfermedades como las descritas anteriormente. Debido a estas funciones de elaboración y diseminación de conocimientos científicos acerca de la problemática de la exposición crónica a fluoruro y a arsénico, esta propuesta se inserta en el enfoque, la Educación Ambiental con formación ambiental.

Para este trabajo de investigación se seleccionó de una amplia variedad de modalidades de trabajo en la educación ambiental, a la modalidad denominada: "Incorporación de lo ambiental al sistema escolarizado", ya que el enfoque de esta modalidad es la que permite introducir temáticas de tipo ambiental al currículum de Educación Básica, en este caso: la contaminación natural del agua subterránea por fluoruro y arsénico, sus efectos adversos así como el uso y cuidado adecuado del agua. Se utilizó además la transversalidad como metodología para abordar estos temas considerados prioritarios, de relevancia social y de salud para nuestro estado debido a que algunos temas no han sido abordados a pesar de su importancia y otros no se han considerado bajo el enfoque de prevención de la salud, de manera explícita.

Los materiales educativos (guías didácticas, manuales, folletos, juegos etc.) diseñados en el ámbito nacional e internacional que pueden ser clasificados como experiencias o propuestas en Educación Básica analizados en esta tesis, abordan temas como: el agua como recurso natural, contaminación del agua superficial, usos del agua, importancia y promoción del cuidado del agua, a través de actividades pertinentes, adecuadas y coherentes para el alumno, pero no se encontraron materiales que aborden temas de contaminación natural de aguas subterráneas, por lo que esta contribución podría ser de las primeras iniciativas en esta materia.

La propuesta educativa para ayudar a disminuir la exposición crónica a fluoruro y arsénico en el estado de San Luis Potosí, se concreta con el diseño y elaboración de guías didácticas para el docente de Educación Básica que orientan como abordar en el aula la temática de la contaminación del agua subterránea por fluoruro y arsénico, este nombre genérico incluye tres guías: para el docente del tercer grado de educación preescolar, para el docente del tercer grado de educación primaria y para el docente del primer grado de educación secundaria.

Se considera a la escuela como punto de partida para diseñar un proyecto de educación ambiental por las funciones otorgadas a la misma: la socializadora, que pretende integrar al alumno a la sociedad y transmitir normas y valores que considera importante, la sistematizadora, al seleccionar y jerarquizar objetivos, contenidos, medios y estímulos, y la orientadora, al ayudar a los sujetos a que reconozcan y conozcan su entorno (Santillana, 1983).

En nuestro país el Sistema Educativo Mexicano a través de su desarrollo socio-histórico deja ver cómo la educación trata de responder a la problemática del país en cada etapa, y es en estos momentos en que el mundo y nuestro país deben responder a los nuevos retos. Se emprende una nueva revisión de la educación en México la cual se concreta con el Acuerdo 592 por el que se establece la Articulación de la Educación Básica y sustenta el Plan de estudios 2011. Educación Básica, los programas de estudio, los fundamentos pedagógicos, las guías para las educadoras y docentes de educación preescolar, primaria y secundaria (publicado en el Diario Oficial de la Federación en agosto del 2011), pues se considera que el Plan y programas anteriores no cumplían con los requerimientos de la sociedad actual, en este sentido la Reforma a la Educación Básica pretende a través de un trayecto formativo desarrollar competencias para toda la vida en los educandos y enfatiza ciertos rasgos que el estudiante debe alcanzar al terminar este periodo.

Tomando estas actualizaciones las guías se diseñaron de acuerdo a:

- El nuevo Plan y programas de estudio de la Secretaría de Educación Pública.
- Los principios pedagógicos que marca la Reforma Integral de Educación Básica.
- Los lineamientos que marca la Reforma Integral de Educación Básica para el desarrollo de materiales educativos.

La razón por la cual los documentos arriba mencionados son la base para fundamentar las guías didácticas es que son considerados marco de referencia para la actividad pedagógica en la Educación Básica de nuestro país, así mismo son planteamientos rectores de carácter nacional que explicitan los aprendizajes esperados, los contenidos de enseñanza por campo formativo para cada nivel educativo, grado y asignatura.

En esta propuesta se retoma uno de los rasgos del perfil de egreso de los estudiantes contemplado en el nuevo Plan de estudio que enuncia que los estudiantes, deben promover y asumir el cuidado de la salud y del ambiente como condiciones que favorecen un estilo de vida activo y saludable, por lo que esta tesis participa en la concreción de dicho rasgo con el diseño y producción de las guías didácticas, al proporcionarle al alumno herramientas que le permitan desenvolverse en un entorno con una problemática ambiental como es la presencia de fluoruro y arsénico en el agua que se surte de la red y que no puede ser utilizada como agua de consumo.

De los principios pedagógicos que marca la RIEB se eligieron como sustento de las guías: centrar la atención en los estudiantes, planificar para potenciar el aprendizaje, generar ambientes de aprendizaje, trabajar en colaboración para construir el aprendizaje, poner énfasis en el

desarrollo de competencias, el logro de los Estándares Curriculares y los aprendizajes esperados, usar materiales educativos para favorecer el aprendizaje, evaluar para aprender e incorporar temas de relevancia social. Estos principios se ponen en práctica al proponer las guías como el material educativo complementario que permite orientar y organizar el trabajo en el aula así como promover e intercambiar la información entre el docente y el alumno, en ellas se desarrollan temas de importancia social y de salud para las comunidades con esta problemática en el estado de San Luis Potosí y que puede adaptarse fácilmente a otros estados con problemas similares. Se proponen estrategias de enseñanza-aprendizaje según el nivel cognitivo del estudiante, planificadas de acuerdo a finalidades educativas establecidas previamente con las cuales se pretende potenciar el aprendizaje de los alumnos para desarrollar competencias que les permitan cuidar su salud y su medio ambiente, las actividades planteadas se encuentran diseñadas para crear ambientes de aprendizaje con trabajo de tipo individual y colaborativo, en las cuales sobresalen las de evaluación como la oportunidad de mejora para los alumnos y así contribuir al logro de Estándares Curriculares marcados en los periodos escolares propios de cada grado.

La teoría del constructivismo, la psicología cognitiva del aprendizaje y específicamente el aprendizaje significativo, se eligieron para fundamentar el aspecto psicopedagógico de las guías, ya que el constructivismo considera que el sujeto, su actividad y contexto interaccionan para construir el conocimiento (Hernández, 2008), en las guías didácticas se han planteado actividades en donde los sujetos, inmersos en su contexto obtengan conocimientos acerca de la problemática en cuestión y sus posibles soluciones, dentro del ámbito del aprendizaje escolar, la postura constructivista que adoptan distintos teóricos es que sólo a través del aprendizaje significativo es que el aprendiz construye significados que acrecientan sus conocimientos y contribuyen a su crecimiento personal.

En las guías se pretende que el profesor guíe la actividad mental del alumno hacia el logro del conocimiento a través de las actividades propuestas, se procuró enlazar los conocimientos previos adquiridos por el alumno en su contexto familiar, comunitario y escolar a fin de crear relaciones significativas con el nuevo aprendizaje, pues la teoría del aprendizaje significativo sostiene que cuando el alumno ha asimilado (aprendido) un contenido, es que ha sido capaz de otorgarle un significado, es decir que los alumnos sean capaces de establecer relaciones sustantivas y no arbitrarias entre lo que aprenden y lo que ya saben.

De acuerdo a estos fundamentos psicopedagógicos el papel que se propone que tome el docente en la puesta en práctica de estas guías, es el sugerido por Díaz-Barriga y Hernández (2001), el de “orientar y guiar la actividad mental constructiva de los alumnos, a quienes proporcionará una ayuda pedagógica ajustada a su competencia”, por lo que se pretende que las intervenciones del profesor se realicen dependiendo del aprendizaje logrado por parte de los alumnos.

Además, los recursos incluidos en las guías poseen las dos condiciones que debe reunir el contenido, de acuerdo a la teoría del aprendizaje significativo, una significatividad lógica y la manera en como se presenta el contenido al estudiante y una significatividad psicológica, es decir la importancia del conocimiento previo del alumno como el factor decisivo en el momento de afrontar la adquisición de nuevos conocimientos (Coll, 1990; Coll, 1995, Ausubel *et al.*, 1983).

En las guías didácticas se han incluido estrategias de enseñanza que se consideran adecuadas para propiciar el logro de aprendizajes significativos en los alumnos, como los organizadores

previos, que se utilizaron con la finalidad de tender un puente cognitivo entre la información nueva y la previa, las ilustraciones o imágenes se incluyeron para mejorar la codificación y la comprensión de la información, los organizadores gráficos (diagramas de árbol) para lograr una mejor interpretación de la información, las preguntas intercaladas se implementaron para sostener la atención del alumno, favorecer la retención y lograr captar la información importante; las señalizaciones verbales o escritas se utilizaron para significar los contenidos importantes a aprender; así mismo, se tomaron en consideración programas formulados por otras instancias de gobierno como el Programas de 5 Pasos de Secretaría de Salud. Se sugieren estrategias de enseñanza para ser utilizadas en la parte inicial, introductoria o de apertura del proceso de enseñanza-aprendizaje, durante el desarrollo del proceso y al final o cierre del período de enseñanza.

En las actividades propuestas en las guías se hace referencia a la problemática del fluoruro, esto obedece a que de acuerdo a la etapa cognoscitiva en la que se encuentran los alumnos de preescolar y primaria no es recomendable presentar contenidos abstractos, es decir información que no pueden observar en su realidad, como lo son los efectos adversos a la salud por la exposición a largo plazo al arsénico. Aunque los alumnos de primer grado de secundaria ya manejan un nivel de abstracción mayor se consideró que con las medidas de prevención proporcionadas para el fluoruro se cumple el cometido para la temática de arsénico o cualquier otro contaminantes, sea químico o biológico que puedan estar presentes en el agua utilizada para el consumo humano.

Así mismo se expresa que esta propuesta es una contribución complementaria a otras que se deben diseñar en los ámbitos: técnico, económico, político y cultural para resolver de manera integral el problema, ya que *per se* la puesta en práctica de las guías didácticas en el aula no resolverán de manera definitiva la exposición crónica a fluoruro y arsénico, sin embargo para alcanzar las finalidades propuestas con estas guías, es necesario que se cumpla la siguiente condición: las comunidades en donde se implementará dicho programa deberán contar con el suministro de agua simple purificada, para poder tener a su alcance la solución a corto plazo del problema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abernathy, Ch.O.; Liu, P-Y; Longfellow, D.; Aposhian, H. V.; Beck, B.; Fowler, B.; Goyer, R.; Menzer, R.; Rossman, T.; Thompson, C.; Waalkes, M. (1999). Arsenic: Health Effects, Mechanisms of Action, and Research Issues. *Environmental Health Perspectives* 107, (7), 593-597.
- Álvarez, I. P. (s.f.). Dinámicas Colectivas en la Apropiación de las Aguas Subterráneas en México. Manejos de Recursos de Uso Común. *Instituto Nacional de Ecología*. [http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/din\\_col\\_aprop\\_aguas\\_sub.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/din_col_aprop_aguas_sub.pdf). Consultado: 5 de octubre del 2011.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2003). Resumen de salud pública: Fluoruros, fluoruro de hidrógeno y flúor . [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs11.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs11.html).
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). Resumen de salud pública: Arsénico. Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs2.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html).
- Ausubel, P. D.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1983). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México. Trillas. Reimpresión 1995.
- Benitez, R.; Álvarez, J.; Dahbar, M.; Rivero, S. (2008). Alternativas tecnológicas a tener en cuenta para la toma de decisiones frente a la problemática del arsénico en el agua de bebida. Programa Nacional de Minimización de Riesgos por Exposición a Arsénico Agua de Consumo – Res. Ministerial 253/01. Ministerio de Salud de la Nación, Argentina.
- Bocanegra, S. M. (2006). Evaluación del Riesgo en Salud por la exposición a fluoruro y arsénico en agua de pozo para consumo de las zonas Altiplano, Centro y Media del Estado de San Luis Potosí. *Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí*.
- Caride, J.A.; Meira, P.Á. (2001). Educación ambiental y desarrollo humano. Ariel Educación. Barcelona, España. Capítulo 4. 131-187.
- Castillo, G. S. (2010). Biomarcadores de exposición a fluoruro y arsénico: su utilidad para evaluar un programa de prevención. *Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí*, 1-61.
- Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades de la Secretaria de Salud, Estudio Nacional, 2004.
- Chiappe, L. A. (2008). Diseño instruccional: oficio, fase y proceso. *Educación y Educadores*, 11 (2): 229-239.
- Coll, S. C. (1990). Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento. Editorial Paidós Educador. México. D.F. Capítulo 3.
- Coll, S. C. (1995). Psicología y curriculum. Editorial Paidós Mexicana. México.
- CONAGUA (2010) a. Situación del subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2010. 16-39. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Situaci%C3%B3n%20del%20Subsector%20Agua%20Potable%202010.pdf>. Consultado: 7 de febrero de 2011.
- CONAGUA (2010) b. Estadísticas del agua en México, edición 2010. 19-74.
- CONEVAL (2011). Pobreza en México y en las Entidades Federativas 2008-2010. [http://web.coneval.gob.mx/Informes/Interactivo/Medicion\\_pobreza\\_2010.pdf](http://web.coneval.gob.mx/Informes/Interactivo/Medicion_pobreza_2010.pdf).

- Córdoba P. D. (2000). Flúor y compuestos fluorados. Toxicología. Manual Moderno. Cuarta edición.
- Coronado-García, J. A.; Del Razo, L. M.; García-Vargas, G.; Sanmiguel-Salazar, F.; Escobedo de la Peña, J. (2007). Inorganic arsenic exposure and type 2 diabetes mellitus in México. *Environmental Research*. 104(3): 383-389.
- Cuenca, S. E.; Baca, G.P. (2005). Odontología preventiva y comunitaria. Métodos y aplicaciones. MASSON, S.A.
- Díaz-Barriga, A. F., Hernández, R. G. (2001). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista. 2da Edición. Mac Graw Hill. México, D.F. 24-62.
- Díaz-Barriga, F.; Navarro-Quezada A.; Grijalva, I. M.; Grimaldo, M.; Loyola, J.P.; Ortiz-Pérez M. D. (1997). Endemic Fluorosis in México. *Fluoride*, 30,(4): 233-238.
- Foá, V., Colombi, A; Maroni, M., Buratti, M (1987). Indicadores biológicos para la valoración de la exposición humana a compuestos químicos industriales: Arsénico. *Generalitat Valenciana Conselleria de Sanitat*, 7-27.
- Foladori, G. (2000). El pensamiento ambientalista. Tópicos en Educación Ambiental. 2 (5): 21-38.
- Foladori, G. (s.f.). Una tipología del pensamiento ambientalista. Capítulo 3. 83-136.
- González, G. E. (1993). Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 1-83.
- Grimaldo, M.; Turrubiarres, F.; Milán, J.; Pozos, A.; Alfaro, C.; Díaz-Barriga, F. (1997). Endemic fluorosis in San Luis Potosí, Mexico. Screening for fluoride exposure with a Geographic Information System. *Fluoride* 30,(1): 34-40.
- Hernández, Z. G. (s.f.). Reformas educativas recientes y nueva Ley de Educación. La modernización educativa en México. Educación de adultos.19-25.
- Hidalgo-Gato I., (2007). "Fluorosis dental no solo un problema estético". Revista Cubana de Estomatología. 44 (4). (Oct-Dic).
- Hurtado, J.R.; Gardea, T.J. (2005). Estimación de la exposición a fluoruros en Los Altos de Jalisco, México. *Salud Pública de México*, 47, (1): 58-63.
- INEGI (2009). México en cifras, información nacional, por entidad federativa y municipios. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=24>. Consultado: 15 de julio de 2012.
- Jolly, S. S.; Sing, B. M.; Mathur O. C., (1969). Endemic Fluorosis in Punjab (India). *The American Journal of Medicine*, 47(4): 553-562.
- Latapí, S. P. (1998). Un siglo de educación nacional: una sistematización. 1. Fondo de Cultura Económica. México.
- Landín, R. L. (2006). Parámetros fisicoquímicos y concentración de flúor y arsénico en el agua de los pozos de la ciudad de San Luis Potosí y zona conurbada. Alternativa de tratamiento: Adsorción de flúor y arsénico en la interfase Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> activada/solución acuosa. *Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí*.
- Leyva-Ramos, R.; Medellín-Castillo, N. A.; Jacobo-Azuara, A.; Mendoza-Barrón, J.; Landín-Rodríguez, L. E.; Martínez-Rosales, J. M.; Aragón-Piña, A. (2008). Fluoride removal from water

- solution by adsorption on activated alumina prepared from pseudo-boehmite. *J. Environ. Eng. Manage.* 18 (5):301-309.
- Litter, I. M., Bundschuh J. (2010). Situación del arsénico en la región Ibérica e Iberoamericana. Posibles acciones articuladas e integradas para el abatimiento del arsénico en zonas aisladas. *CYTED*.
- Li X.S.; Zhi J.L.; Gao R.O. (1995). Effect of fluoride exposure on intelligence in children. *Fluoride*; 28 (4):189-92.
- Loyola, R. J. P.; Pozos, G. A.; Hernández, G. J. C.; Hernández, S. J. F. (2000). Fluorosis en dentición temporal en un área con hidrofluorosis endémica. *Salud Pública de México* 42 (3):194-200.
- Lu, Y, Sun ZR, Wu LN, Wang X, Lu W, Liu SS. (2000). Effect of high-fluoride water on intelligence in children. *Fluoride* 33( 2): 74-78.
- Martínez, R. F. (2001). Las políticas educativas mexicanas antes y después de 2001. *Revista Iberoamericana de Educación* 27: Reformas educativas: mitos y realidades. Sep-Dic.
- Moore, E. J.; Zaporozec, A.; W., Mercer J. (2005). Una introducción al agua subterránea. *American Geological Institute*, 10-60.
- National Research Council (NRC) (2006). Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards, Committee on Fluoride in Drinking Water. National Academies Press. <http://www.nap.edu/catalog/11571.html>. Consultado: 8 de agosto de 2011.
- Narayana M.V.; Chinoy N.J. (1994). Reversible effects of sodium fluoride ingestion on spermatozoa of the rat. *International Journal of Fertility and Menopausal Studies*, 39(6):337-46.
- Nieto-Caraveo, L. M. (2001) Presentación, en: dos Santos, José Eduardo y Michèle Sato, A *Contribuição da Educação Ambiental à Esperança de Pandora*, Rima Editora, Brasil, 2001, 624 pag.
- NOM-127 (1994). Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- Océano, Grupo Editorial (2000). Enciclopedia de la Psicopedagogía. Pedagogía y Psicología. Editorial Océano-Centrum. Barcelona. España. Capítulo III.
- Orellana, N.; Suárez, J.M.; Belloch, C. (s.f.). El diseño instruccional, una dimensión clave insuficientemente atendida en el campo de la teleformación. Universidad de Valencia. [http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2434/1/03\\_14.pdf](http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2434/1/03_14.pdf). Consultado: 4 de junio de 2012.
- OMS. (2002). Organización Mundial de la Salud. Agua para la salud: un derecho humano. Centro de prensa. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/pr91/es/index.html>. Consultado: 16 de diciembre de 2010.
- ONU. (2010). Organización de las Naciones Unidas. Asamblea General reconoce como derecho humano el acceso al agua. Servicio de Noticias de las Naciones Unidas. Centro de Noticias ONU. <http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?NewsID=18853>. Consulta: 16 de diciembre de 2012.

- Ortega, G. A. (2009). Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26,(1):143-161.
- Ortega, R. N.; Velasco, V. E. (2006). Manual de Educación Ambiental para Escuelas Primarias del Estado de Guanajuato.
- Ortiz-Pérez M. D.; Rodríguez, Martínez M.; Martínez, F.; Borja-Aburto, V. H.; Castelo, J.; Grimaldo, J.I.; De la Cruz, E.; Carrizales, L.; Díaz-Barriga, F. (2003). Fluoride induced disruption of reproductive hormones in men. *Environmental Research*, 93,(1): 20-30.
- Paris, M. D. (2007). Aguas subterráneas, Gestión integrada y Sustentabilidad Ambiental. *Primer Congreso Internacional del Agua y el Ambiente, Colombia*, 1-10.
- Prawda, J. (1987). Logros, inequidades y retos del futuro sistema educativo mexicano. Colección pedagógica Grijalbo. México, D.F., 17-82.
- Price, M. Agua Subterránea. Limusa Noriega Editores, México.
- Rahman, M.; Tondel, M.; Ahmad, S. A.; Axelson, O. (1998). Diabetes mellitus associated with arsenic exposure in Bangladesh. *American Journal Epidemiology*. 48 (2): 198-203.
- Reboloso, F. L. F.; Loeches, G. M. M. (2007). Diez Preguntas elementales sobre aguas subterráneas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15,( 3): 240-249.
- Rocha-Amador D, Navarro M.E.; Carrizales L.; Morales R., Calderón J. (2007). Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cad Saude Publica*. 2007; 23 Suppl 4:S579-87.
- Rodrigo, M. J.; Arnay, J. (Complidaores) (1997). La construcción del conocimiento escolar. 1997. Editorial Paidós España.
- Romero, C. R. M. (2008). Mi país, un lugar lleno de vida. UACM. PNUMA.ONU.
- Santillana (1983). Diccionario de las ciencias de la Educación. A-H. Nuevas técnicas educativas. México, D.F.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009 a). Chipi Chipi. Guía didáctica para maestros de educación preescolar. 3-18. [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Guia\\_Final.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Guia_Final.pdf). Consultado: 1 de junio de 2012.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009 b). Recomendaciones para ahorrar agua. [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Recomendaciones\\_para\\_ahorrar\\_agua.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Recomendaciones_para_ahorrar_agua.pdf). Consultado: 2 de junio de 2012.
- SEP. Secretaría de Educación Pública. (2011). Acuerdo número 592 por el que se establece la Articulación de la Educación Básica. México.
- Smedley, P. L.; Kinniburgh. D. G. (2002). A review of the source, behavior a distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17,(5):517-525.
- Smith, H. A. Lingas, O. E.; Rahman M. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization*, 78, ( 9):1093-1100.
- Susheela A.K.; Jethanandani P. (1996). Circulating testosterone levels in skeletal fluorosis patients. *Journal Toxicology* 34,(2):183-189.
- Takács-Santa A. (2004). The major transities in the History of Human Transformation of the Biosphere. *Human Ecology Review*, 11(1): 51-66.

- Trejo, V. R.; Bernal, G. S.; Abarca, P. J.; Bonilla, P. A.; Castañón, A. L.; Santoyo, H. A. L.; Venegas, P. M. E. (1999). Alúmina activada para la remoción de fluoruros del agua. Uso del diseño experimental en la obtención de alúmina. (I) Propuesta metodológica. Ingeniería química. Instituto Tecnológico de Aguascalientes, 1-6.
- Trejo, V. R.; Hernández, M. V. (2004). Estado del arte de la remoción de fluoruros del agua. *Conciencia Tecnológica*, 025: 1-3, Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- Tommasino, H.; Foladori, G.; Taks, J. (s.f.). La crisis ambiental contemporánea. Capítulo 1. Pág. 1-18.
- UICN (2005). La ciudadanía ambiental global. Manual para docentes de Educación Básica de América Latina y el Caribe.
- UNEP (2002). "Integrating Environment and Development: 1972–2002". Chapter 1 in: *Global Environment Outlook 3 (GEO3)*. London: EarthPrint. 424 p. (pp. 1-27).
- Usuda, K.; Koichi, K.; Shimbo, Y.; Michiko, F.; Fujimoto, K. (2007). Urinary fluoride reference values determined by a fluoride ion selective electrode. *Biological Trace Element Research*, 119(1): 27-34.
- Vahter, M. (2008). Health Effects of Early Life Exposure to Arsenic. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 102, ( 2): 204-211.
- Weissmann, H.; Llabrés A (2004). Guía para hacer la Agenda 21 Escolar. Ministerio de Medio Ambiente. España.
- Williams, P.; Schrum, L.; Sangrà, A.; Guàrdia, L. (s.f.). Fundamentos del diseño técnico-pedagógico en e-learning. Modelos de diseño instruccional. UOC. <http://aulavirtualkamn.wikispaces.com/file/view/2.+MODELOS+DE+DISE%C3%91O+INSTRUCCI+ONAL.pdf>. Consultado: 4 de junio de 2012.
- WHO. (2006 a). World Health Organization. Fluoride in Drinking Water.
- WHO. (2006 b) [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/chemicals\\_phc/en/index.html](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/en/index.html). Consultado: 8 de octubre de 2011.
- WHO. (2008). World Health Organization Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html). Consultado: 16 de junio de 2011.
- WHO. (2010). World Health Organization. Exposure to Arsenic: A major public health concern. *Public Health and Environment*.
- Xiang, Q., Liang Y., Chen L., Wang C., Chen B., Chen X., Zhouc M. (2003). Effects of fluoride in drinking water on children's intelligence. *Fluoride* 36, ( 2): 84-94.
- Yukavetsky, G. (2003). La elaboración de un módulo instruccional. Preparado para el Centro de Competencias de la Comunicación. Universidad de Puerto Rico en Humacao. Proyecto de Titulo V.
- Zhao LB, Liang GH, Zhang DN and Wu XR. (1996). Effect of high fluoride water supply on children's intelligence. *Fluoride*, 29, (4):190-192.

Zhao, Z.L., Wu, N.P., Gao, W.H. (1995). The Influence of Fluoride on the content of Testosterone and Cholesterol in Rat. *Fluoride*, 28, (3):128-130.

Zorrilla, M. (2004). La Educación secundaria en México: Al filo de su reforma. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficiencia y Cambio en Educación*. 2 (1): 1-22. Disponible en: [www.ice.deusto.es/rinace/reice/vol2n1/Zorrilla.pdf](http://www.ice.deusto.es/rinace/reice/vol2n1/Zorrilla.pdf)

Zorrilla, M. (2002). Diez años después del Acuerdo Nacional para la Modernización de la Educación Básica en México: Retos, tensiones y perspectivas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4, (2): 1-19. Consultado: 4 de mayo de 2012 en: <http://redie.uabc.mx/vol4no2/contenido-zorrilla.html>

## ANEXOS