



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**“ARAGON”**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION**

# **VER EL AGUA,**

**Sus implicaciones sociales y tecnológicas en educación.**

# **T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ENSEÑANZA SUPERIOR**

**PRESENTA:**

**LICENCIADO BENJAMIN ORTIZ RODRIGUEZ**

**TUTOR: DR. MIGUEL ANGEL MARTINEZ RODRIGUEZ**

**CO-TUTOR: MTRO. JOSE JAVIER ESPINOZA BERBER**

**SAN JUAN DE ARAGON, MEXICO**

**FEBRERO DEL 2011**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

PAGINAS

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>7</b>
--------------------------	----------

### **CAPITULO. I. LOS SABERES DEL AGUA.**

1.1. La lógica de la investigación.....	16
1.2. Justificación.....	17
1.3. La estrategia metodológica.....	19
1.4. La representación histórico social del agua.....	24
1.5. Retrospectiva geoquímica del agua.....	26
1.6. La biosfera, el preludio de la vida.....	26
1.7. El conocimiento del agua.....	27
1.8. El ciclo del agua.....	29
1.9. Alteración del ciclo hidrológico.....	31
1.10. Situación de los recursos hídricos.....	33
1.11. La región hidrológica del Valle de México.....	35
1.12. Algunas propiedades del agua.....	41
1.13. El abastecimiento de agua.....	42
1.14. Pasado sustentable, presente problemático.....	48
1.15. Crisis del agua en la vida cotidiana.....	52

### **CAPITULO. II. HACIA UNA DINAMICA DE INTERACCION.**

2.1. Las concepciones sobre el agua.....	56
2.2. La significación del agua en las culturas mesoamericanas y la sociedad moderna.....	57
2.3. La relevancia social del agua.....	59
2.4. Integración de saberes.....	60
2.5. Limites a la incorporación del eje agua al currículo escolar.....	62
2.6. El agua como tema transversal del conocimiento.....	62

2.7. Alternancia con las disciplinas del conocimiento.....	64
2.8. Tensividad curricular.....	70
2.9. El currículo, sus transformaciones.....	71

### **CAPITULO. III. LAS FRONTERAS TECNOLOGICAS DEL AGUA**

3.1. El sistema de tratamiento de agua y su contexto.....	76
3.2. Procesos de purificación del agua.....	85
3.3. Fases preliminares.....	88
3.4. Los tinacos de almacenamiento.....	89
3.5. La cloración.....	89
3.6. La aplicación tecnológica en el proceso de purificación del agua.....	91
3.7. El tablero de control.....	92
3.8. Filtro multimedia.....	93
3.9. El carbón activado.....	94
3.10. Intercambio iónico, el agente suavizador del agua.....	96
3.11. Osmosis inversa, filtración por membranas semipermeables.....	98
3.12. Luz ultravioleta (uv), la radiación electromagnética.....	101
3.13. Ozonificación, la capacidad oxidante del O3.....	103
3.14. Limpieza y llenado de garrafrones.....	107
3.15. Medidas sanitarias generales.....	114

### **CAPITULO. IV. EL AGUA EN EL MODELO TRANSVERSAL.**

4.1. La adopción tecnológica.....	116
4.2. El modelo transversal.....	117
4.3. La mesa de hidrólisis.....	121
4.4. Medidor de sólidos disueltos.....	125
4.5. El tema transversal y el experimento imaginario.....	129
4.6. El experimento imaginario.....	131
4.7. La magnitud histórica del experimento imaginario.....	133
4.8. El experimento imaginario frente al pensamiento de la modernidad.....	135
4.9. El aparato conceptual de los experimentos imaginarios.....	137

4.10. Experimentos imaginarios y desarrollo de tecnologías.....	<b>142</b>
4.11. La dimensión tecnológica escolar.....	<b>149</b>
<b>CONSIDERACIONES FINALES.....</b>	<b>154</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>164</b>

# DEDICATORIAS

Ofrezco este trabajo a dos seres amados que en estos instantes hacen eco en la eternidad, en primer término, a mi madre que fue la maestra de mis primeras vivencias con las letras y mi contacto temeroso con los números, dentro de un escenario verdaderamente de supervivencia quien me apoyó férreamente, en todo momento, en la construcción de mi porvenir.

A mi hermano, quien fuera punta de lanza de un puñado de jóvenes inquietos que trataban de trascender los modelos tradicionales de la época, las raíces de mi vida y de mi sangre se encuentran en la tierra que ellos abonan, con todo orgullo a **Mireya y Cuauhtémoc**, en donde quiera que estén.

Su querencia es el monte y una punta de ganado, a la reciura de mi padre, por él comprendí el respeto por la tierra y el cultivo de ella, conocí los beneficios y bondades que nos brinda el agua, el advenimiento de ésta sobre las cosechas, distinguí las aguas buenas de las malas, el temporal y el estiaje. Por enseñarme a andar entre aguas tormentosas, con toda mi admiración y respeto a **Israel**.

A mi esposa Lucy.

A mis hermanos.

# AGRADECIMIENTOS

Al maestro **José Javier Espinoza Berber**, por su gran apoyo e interés en la conducción de este trabajo de tesis, así como sus comentarios, sugerencias y aportaciones para el desarrollo del mismo.

Al Doctor **Miguel Ángel Martínez Rodríguez**, por su valioso escrutinio y observaciones puntuales a la investigación que me permitieron aclarar situaciones metodológicas y lingüísticas de los contenidos del trabajo.

Al químico **Dino Ortiz Rodríguez** por la aportación científica, tecnológica y bibliográfica sobre el agua, así como el permitirme observar, conocer y manipular las fases tecnológicas del proceso de tratamiento de purificación del agua en la planta "**Bio-light**".

A los profesores de preescolar, primaria, secundaria, media superior y superior, sobre todo de la región Oriente del Estado de México que participaron activamente con sus comentarios y sugerencias al conocer las aplicaciones tecnológicas de visualización del agua en sus escuelas.

# INTRODUCCION

El agua desde una postura tecnológica, nos remite a visualizarla en su contexto más amplio como una posición cultural, como problemática social, como posibilidad cognitiva, como conflicto, como problema de sustentabilidad, posturas que a lo largo del devenir humano se han venido conformando, el agua entonces es acompañada de una serie de interrogantes que para el grueso de la población no es sencillo comprenderlas.

El agua como un recurso natural que da origen a la existencia de toda vida animal y vegetal de nuestro planeta en la actualidad se ha convertido en un bien acotado por los intereses mezquinos de las industrias que el modelo neoliberal predominante ha instaurado y de la que gran parte de la sociedad se convierte en cómplice cuando es manipulada por los medios de comunicación en su consumo.

La escuela que como institución es el espacio donde brotan las ideas para el desarrollo de la sociedad, la influencia de la escuela gravita alrededor de las comunidades donde se establece y es sinónimo de cambio en las pretensiones de extinción de parámetros culturales propios de cada región.

La riqueza cultural de nuestras comunidades nos invita a aprovechar el sistema de creencias que acerca del agua se desarrollaron en las diversas etnias que aún habitan en el país, sus conocimientos empíricos desplegados en condiciones eco-hidrológicas locales ofrecen un abanico de conocimientos del cual la escuela sería susceptible de atraer.

Incluir el discurso hídrico en el currículo se vuelve intrincado, la presión que ejercen otras asignaturas sobre los contenidos no permite la exploración de propuestas que habiliten a la escuela de los elementos indispensables para comprender y transformar las propuestas que diversas ramas del conocimiento



desarrollan en los espacios sociales, culturales y tecnológicos de este mundo globalizado.

En este trabajo el sentido de apropiación de los conocimientos acerca del agua no solo son propuestas de estricto sentido ambiental, la transversalidad entendida como los contenidos educativos que no pertenecen a las disciplinas del saber, abren el abanico de posibilidades que se presentan al ser incorporadas en los discursos de la práctica educativa, las costumbres, las culturas locales, diversos sectores que se involucran con los temas hídricos, organizaciones gubernamentales, institutos de investigación para volverse un proceso sistémico y organizado que envuelve a todas las disciplinas del conocimiento.

La transversalidad permite la participación, no solo de la organización de los contenidos programáticos, sino de los fenómenos sociales, económicos, culturales y tecnológicos que gravitan en el conglomerado escolar, por lo que este trabajo ubica diversas acciones llevadas a cabo con profesores de distintos niveles educativos en un contexto tecnológico de visualización del agua y recoge las aportaciones que de esta emanan.

El asunto de la contaminación del agua para los ojos del grueso de la población se centra únicamente en el rumor, el agua que se utilizaba para suprimir dolencias y padecimientos actualmente tiene incorporadas sustancias que pueden ser dañinas para el ser humano, el agua en el tiempo actual es más fuente de enfermedad que de medicina.

El papel que desempeña la ciencia y la tecnología es indispensable para poder hacer un análisis de la problemática que estamos provocando, pero también se convierte en un tema que para la sociedad y la escuela les permite atravesar fronteras, que parecieran exclusivas de los asuntos de negocios, y que sin embargo contienen una riqueza basta en conocimientos, la descripción de diversas tecnologías que se emplean en los procesos de purificación del agua y que son susceptibles de incorporarse a los procesos educativos se detalla con la

exposición del esquema de aplicación de diversas fases tecnológicas de limpieza del agua de una planta purificadora que se describe capítulos adelante.

El trabajo de investigación también alude a los comentarios y aportaciones de los docentes, en los talleres sobre el agua, del alcance de los experimentos imaginarios como una forma de desarrollo del pensamiento tecnológico que denominaremos de "*baja intensidad*" mismo que se ha documentado en este ejercicio mediante las contribuciones y participaciones de los profesores.

La escasa vinculación entre instituciones educativas y las comunidades, no permite a la escuela conglutinar esfuerzos para la solución de problemas, la investigación sobre el agua está orientada, también, en la toma de conciencia sobre la mejora del ambiente y su protección.

Abordar los temas que se están desarrollando en la actualidad de modo inquietante y que son omitidos en los ámbitos sociales, políticos y culturales como: el problema del hacinamiento humano, el problema ecológico, las luchas por el agua, la sustentabilidad, el reconocimiento de las aportaciones de las etnias, son aspectos distantes de la dinámica escolar.

El trabajo de investigación consta de cuatro capítulos, el primero denominado saberes del agua y su complejidad, donde se abordan los componentes en un devenir histórico del concepto agua, se desarrolla desde las aportaciones que diversos personajes de la ciencia llevan a cabo, es un rescate de conocimientos dispersos que gravitan en el entorno y por consiguiente son de interés para el trabajo vincularlos a los espacios curriculares de las escuelas, sin la intención de denostarlos ni mucho menos de convertirlos en una carga académica para los docentes en servicio, estas temáticas se desarrollan como un acercamiento al conocimiento de la estructura geoquímica del agua; es una recuperación de su estela histórica, se delinea una descripción de su manejo como elemento hasta llegar a la comprensión como un compuesto que determina el desarrollo de todo proceso de vida y de desarrollo en todos sentidos del devenir de la humanidad.

En el transitar de la humanidad, las concepciones sobre el agua, cobran importancia para las civilizaciones que nacieron y se anclaron en la superficie terrestre. Cada una las interpretó indistintamente enriqueciendo el vasto conocimiento que dio sentido a sus creencias, al mismo tiempo que trataron de indagar en su estructura.

Una vez que se sentaron las bases de su formulación química y de su ubicación como recurso natural renovable, era necesario comprender de dónde procedía y cuáles eran los fenómenos meteorológicos que daban pie a su abastecimiento, el entendimiento del ciclo del agua permite tener idea de la magnitud de su renovación, su circulación en la atmósfera terrestre comprende una serie de eventos que van conformando el relieve de la tierra y nos invita a indagar sobre procesos que se forman al interior del subsuelo, son procesos que no podemos observar y que sin embargo se encuentran disponible para poder discutirlos en el currículo escolar.

Por otra parte, el ciclo hidrológico del agua, visto como una mera información, no permite tener conocimiento su estado actual, su disponibilidad, su explotación y su recarga, conocer el ciclo hidrológico permitirá por una parte saber los mecanismos que la producen y por otra la responsabilidad del hombre en función de sus acciones; la contaminación, el desarrollo repentino de centros urbanísticos, la creciente demanda de agua, los problemas que se han generado como consecuencia de ello, ha sido desfavorable para su captación, las proyecciones que se estiman en un futuro son verdaderamente desalentadoras. Sobreexplotación de los mantos acuíferos, el hacinamiento humano, desplazamiento de reservas forestales han sido factores que han detonado una crisis con este recurso.

La región hidrológica del Valle de México, una de las más pobladas del mundo, presenta una seria escasez del líquido, El asentamiento de una gran industria así como los desarrollos urbanísticos en las zonas nororiente y oriente del estado de México han dado pie a que el suministro por pozos municipales ya no sea

suficiente y tenga que importarse agua de otras regiones, sobre todo del sistema Cutzamala y de la cuenca del Lerma.

El canal de la Compañía es la vía por la cual se da cauce a las aguas residuales que se originan en el oriente del Estado de México. El desperdicio es enorme, las industrias establecidas no cuentan con sistemas de tratamiento, todo es vertido al canal sin ninguna vigilancia, lo mismo sucede con los nuevos desarrollos inmobiliarios, aun presentando una imagen comercial de armonía ecológica urbanística, la verdad es que participan en el aumento del caudal de aguas residuales que se vierten al cauce del río.

Se aborda el pasado sustentable de la cuenca lacustre del Valle de México que estaba determinado por las culturas que florecieron en su entorno; el cuidado que le brindaban al agua era de veneración de atención a lo que representaba su fuente de alimentación. La conquista española trajo consigo una serie de problemáticas ambientales que hicieron sucumbir la sustentabilidad del lago. Las diversas concepciones que sobre este recurso mantenían el conquistado y el conquistador se traducían en el servicio a la naturaleza y el servirse de ella. Las concepciones eran contrarias; por un lado, la conservación por el otro el control, el dominio de la cultura mesoamericana se basaba en la extinción de su fuente natural, el agua.

Con la desecación del lago se originan una serie de problemas que en la actualidad enfrenta esta cuenca, hundimientos producidos por la sobreexplotación de los mantos acuíferos, desecación del suelo, incremento de las aguas negras, menor recarga pluvial, disminución de la capacidad del suelo para la filtración del agua y que presentan conflictos entre los habitantes de la región.

En el capítulo II se lleva a cabo un tratamiento de las aportaciones del primer capítulo en la integración de saberes en la dinámica escolar. Ciertamente es que existen barreras para que estos conocimientos sean abordados en los espacios curriculares, que sólo los especialistas pueden comprenderlos. En la búsqueda de una nueva cultura del agua transitamos por una serie de saberes que van

impactando diversas disciplinas, no se trata de plasmar la temática como una asignatura más ó que se ajuste en un contenido de educación ambiental; el currículo se encuentra rodeado por una serie de conocimientos y aprendizajes de carácter oficial, el entorno sociocultural de la escuela es el que le permite ampliar su visión y espacio académico al alimentarse de ella y de la cual da cuenta este capítulo.

La riqueza cultural, social y tecnológica que gravita en esos espacios permite a la escuela apoderarse de discursos que transitan velozmente fuera de sus muros, los discursos tecnológicos toman diferentes dimensiones cuando atraemos un espacio de la realidad, este corte de la realidad cotidiana, que al parecer es ajeno al estudio y análisis de su contenido, encierra una riqueza conceptual muy rica en conocimientos y se vuelve una alternancia entre las disciplinas escolares y los lenguajes tecnológicos del entorno.

La alternancia de las disciplinas se traduce en una serie de incorporaciones de distintos lenguajes de conocimiento para posteriormente poder articularse y lograr unirse en la complejidad de sus aportaciones.

Las tecnologías del agua en el sentido estricto de la visibilidad, permiten la participación tanto de las sensaciones como de las emociones las primeras en poder observar, tocar, manipular, percibir un proceso tecnológico no previsto, algo novedoso que al docente le permita ajustar sus esquemas referenciales en la búsqueda de alternativas a sus procesos de organización y planeación de los conocimientos y los aprendizajes, en las segundas las emociones están ligadas a la forma en que respondemos a la interacción de diversos eventos, así las emociones son las que nos proyectan al plano de la convivencia, a la relación con los demás, conduciendo al grupo a un accionar, a un conocimiento, pero sobre todo al desarrollo de una sensibilidad.

La teoría tensiva del currículo aporta una serie de cuestionamientos emotivos, dado el interés del profesor por un proceso tecnológico que lo conducen a una

serie de motivaciones que dan respuesta cognitiva a una serie de eventos para ser útiles en su práctica docente, se convierte en el mundo de las sensaciones.

El currículo no logra atrapar las manifestaciones tecnológicas que se promueven en su entorno debido a la velocidad con que estas se generan, cuando se analiza un concepto éste ya cambió y así sucesivamente, desde este punto el currículo deberá auxiliarse de las transformaciones que gravitan en su entorno, es decir, movilizar el currículo para que interactúe con la atmósfera tecnológica que lo circunda.

Se aporta una opinión referente al esquema de la política educativa que determina el quehacer docente. Por una parte, las normas administrativas obstaculizan algunas acciones de la búsqueda de saberes, el activismo educativo con el que se pretende ocupar un espacio inexistente, como el de la tecnología, tiende a menospreciar y en este caso a negar las potencialidades que pudiera arrojar la interacción con el espacio tecnológico social, al referirme a un recorte de un espacio social, es indudable que las tecnologías hídras que gravitan en su entorno se diseminan como productos comerciales y que pasan desapercibidas por los espacios de análisis escolares. El activismo escolar, bien podría convertirse en procesos de diseño productivos, que por un lado dialoguen con esos lugares tecnológicos y que por otro, traduzcan los lenguajes tecnológicos en acciones de trabajo escolarizado, es decir, en el sistema de comunicación ya no se trata de solo recibir el mensaje del emisor sino de transformarlo.

En el capítulo III exploro los lenguajes tecnológicos que me permitan ubicarlos en los discursos educativos, por lo que realizo un recorte de la cotidianeidad social e incorporo los procesos de purificación de agua de una planta purificadora con la intención de conocer sus procesos tecnológicos, para la limpieza, su comercialización siendo los siguientes:

- Procesos preliminares.
- Los tinacos de almacenamiento.
- La cloración.
- El tablero de control.

- Filtro multimedia.
- Carbón activado.
- Intercambio iónico.
- Ósmosis inversa.
- Luz ultravioleta.
- La ozonificación.
- Limpieza y llenado de garrafones.

Cada uno tiene una función específica para la limpieza del agua, el suministro que se lleva a cabo por la red de agua potable municipal, para la ciudadanía no representa una seguridad, se considera que tiene sustancias contaminantes que perjudican su salud.

La sociedad se ha volcado en el consumo de agua embotellada sin conocer su proceso de purificación, aunque en el lenguaje tecnológico de una planta purificadora, trato de encontrar los elementos que se pudieran incorporar al esquema de análisis curricular, dentro de estos procesos se encasillan un conjunto de conocimientos factibles de alternar con las distintas disciplinas escolares.

El conocimiento de la sociedad sobre el agua, se limita a marcos comerciales que sobre ella manipulan los medios de comunicación, es un simple objeto de consumo. Para la escuela, es una oportunidad de introducirse en un asunto que es de actualidad, que tiene que ver con los contenidos curriculares, con la diversificación del conocimiento, con la innovación tecnológica y de esta manera hacer eco en la estructura social para promover la importancia vital del recurso agua.

El modelo transversal propuesto en el capítulo IV, se considera como la opción más viable para poder introducir los lenguajes tecnológicos y a su vez desarrollarlos. La producción y diseño de éstos no conlleva a una construcción y desarrollo tecnológico de punta; la escasez de recursos económicos en las instituciones lo impide, por lo que incorporo la connotación tecnológica de “*bajo impacto*”.

El modelo transversal se toma como agente dinamizador y un orientador crítico del conocimiento en donde los actores del mismo se comprometen a la articulación de los contenidos con el agua mediante actividades didácticas y talleres que se programen en los ciclos escolares. Desde esta perspectiva se incorporan dos propuestas: a) El modelo interdisciplinar y b) El modelo multidisciplinar, en el primero el eje transversal agua se incorpora como campo de reflexión en cada área, cada una de ellas la alimenta con sus conceptos, en el segundo, el eje agua, aporta sus significaciones a las áreas.

En la interacción de los modelos tecnológicos de purificación del agua se introduce un recurso tecnológico denominada “*mesa de hidrólisis*” en la que participan profesores frente a grupo, con la intención de presentar un proceso de visibilización del agua y por el otro, interactuar con las diversas áreas del currículo.

En una última anotación, se alude a la incorporación de los experimentos imaginarios como una opción del desarrollo tecnológico de “*bajo impacto*”, en donde las ideas son las formas de conocimiento que se proponen tengan asiento en el currículo escolar. Donde esta concepción sea el impulsor de la incorporación de la curiosidad científica en el escolar.



# **CAPITULO I**

## **LOS SABERES DEL AGUA**

### **1.1 La lógica de la investigación.**

El desarrollo de este capítulo está enfocado a establecer el abordaje metodológico del contenido de este trabajo, así como rescatar el proceso de sus representaciones en cuanto a sus usos y percepciones que el agua ha tenido en el curso del devenir de la humanidad.

#### **OBJETIVOS.**

- 1.- Analizar la problemática social, cultural y educativa que en la actualidad se presentan.
- 2.- Aportar al discurso tecnológico educativo las tendencias que impactan el medio social imperante de consumo y que se traducen en diversos modos de purificación del agua.
- 3.- Incorporar la transversalidad a los espacios curriculares, como elemento que aporte una dinámica de apertura a nuevas formas de interacción con las formas que se manifiestan en el espacio social y cultural de la escuela.

## 1.2. Justificación.

El activismo frecuente en el que incurre la educación pública ha sido una constante en mí andar como docente de educación primaria, secundaria, preparatoria y normal. Me percaté de la inconsistencia de los planes de estudio, los contenidos y modos organizativos de esas instituciones; el carácter vertical que se le imprimía a las asignaturas, no dejaba espacio para enriquecer los contenidos de aprendizaje; se tenía que llevar a cabo, la elaboración del semanario ó planeación de la clase que deberían estar acorde a las indicaciones de los directivos.

En las escuelas donde llevé a cabo mi labor, la característica principal eran las inundaciones frecuentes que padecían. Desde mi época de estudiante en la escuela normal de Chalco, estaba inserta en un medio catalogado como rural en la década de los ochenta, hasta las escuelas de educación básica en donde comencé mi incorporación al gremio laboral en los municipios de Los Reyes la Paz, Ixtapaluca, Chimalhuacán y Ciudad Nezahualcóyotl.

En los ochentas estos municipios empezaron a crecer, sobre todo Ciudad Nezahualcóyotl y Chimalhuacán trayendo consigo una serie de problemas que afectaron al medio natural e incrementando las necesidades de abastecimiento sobre todo de agua potable *“yo me dedicaba a surtir agua en una pipa del Municipio de Chimalhuacán y surtía a las colonias que se estaban estableciendo en las laderas del cerro del Chimalhuachi entre el Barrio de San Lorenzo y el Barrio de San Agustín en los años de 1980, 1981 y 1982 y recuerdo que un grupo de gente de ese lugar llegó a la Presidencia Municipal para exigir al presidente les llenara sus tambos, por lo que era yo el único pipero que abastecía de agua a esa colonia, pero primero tenía que llevar agua a la escuela primaria para llenarle una cisterna y los niños llevaban sus cubetas para echarle agua a los baños y lavarse las manos, en tiempo de lluvias era difícil entrar por lo que la gente se formaba a la orilla de la carretera para tratar de conseguir agua”*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Testimonio del Sr. Miguel Ángel Rodríguez que colaboró en la presidencia municipal de Chimalhuacán en la sección de agua y saneamiento. Entrevista que se realizó el día 19 de julio del 2008.

En este contexto, las carencias que las instituciones padecían se relacionaban con el agua, pero no sólo la escuela sufría del desabasto, el crecimiento de la mancha poblacional requería de una mayor extracción, consumo, suministro y distribución del agua para satisfacer las mínimas necesidades de higiene y alimentación, trayendo consigo, la desecación de los resquicios del lago de Texcoco ricos en variedad de peces y aves como el pescadito blanco, el acocil, el pato canadiense, el ahuaucle (huevera del mosco que se recolectaba a la orilla del lago de Chimalhuacán y servía como alimento).

La indiferencia con que se observaban estos acontecimientos, en la actualidad tiene sus consecuencias, el inmovilismo que el sector social y educativo manifiesta ante estas dificultades se vuelve un asunto verdaderamente preocupante, el desconocimiento de los usos de los recursos naturales, como el agua, vino a alterar el clima y el equilibrio del ecosistema, convirtiéndola en un simple objeto de uso.

El entorno natural del agua, en la actualidad se encuentra posicionado por los procesos tecnológicos que la sociedad adopta para su consumo volviéndose de naturaleza artificial y que en este trabajo de investigación abordaré en el entendido que los espacios curriculares de las instituciones educativas se encuentran distantes de los esquemas tecnológicos que el entorno social impregna.

La *“perturbación de los esquemas tradicionales del currículo”* es una aportación de este trabajo para el desarrollo y comprensión de los procesos tecnológicos y pautas culturales, que se trasladan en la propuesta de transversalidad enriquecido por las percepciones y aportaciones que los protagonistas de la educación elaboran desde diversos espacios como; la ciencia, la tecnología, la cultura, y las humanidades.

### 1.3. Estrategia metodológica.

El trabajo se ubica en el espacio de investigaciones de corte cualitativo donde enlazaremos procesos de representaciones sociales al esquema de indagación heurística que propone Gowin<sup>2</sup> el cual me permite delimitar el objeto de investigación, en este caso me apoyaré en el modelo denominado diagrama V heurística que propone analizar críticamente el trabajo de investigación, para que el conocimiento generado se utilice con fines de consulta.

La investigación cualitativa en su búsqueda de subjetividades, explicaciones, interacciones, significados se apoya en diversos métodos que le permiten acercarse a la realidad subjetiva y a la realidad social (Álvarez, 2007:41). Este trabajo sigue el cauce de esta tendencia recuperando el modelo heurístico. El cual Consiste en reunir los datos que estén al alcance, para tener información y conocimiento del trabajo que se pretende realizar, así, como la viabilidad del mismo, o de lo contrario aceptar que nada nuevo se puede aportar. Se requieren de entrevistas a sujetos, análisis de documentos, testimonios y bibliografía, los cuales, una vez procesados se exponen ante un público para ser aceptados o rechazados, es decir, se somete el trabajo a la evaluación y crítica de un foro.

Gowin lleva a cabo una serie de estudios epistemológicos en los que intenta acercarse a la solución de problemas pedagógicos que lo remiten al diseño de la V epistemológica, a la par que surgen los mapas conceptuales propone este instrumento para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, así, el de magnificar la producción del conocimiento. Convirtiéndose en un recurso instruccional y heurístico colaborando en la resolución de un problema o entender un procedimiento. Permite la organización del proceso de investigación, identifica los elementos del conocimiento estableciendo relaciones e interpretaciones de una manera más rigurosa, por lo que la forma de V no es casual, está diseñada para exponer los dos lados, el conceptual y el metodológico combinándolos se alcanza el proceso de construcción del conocimiento. En el proceso de

---

<sup>2</sup> Gowin diseña la “V” como recurso instruccional para la mejora de los procesos de enseñanza aprendizaje de sus alumnos, incluye conocimientos específicos de los conceptos, principios, teorías y filosofías que guían una investigación.

investigación las preguntas son determinantes, no se trata de hacer una descripción exhaustiva de todas las interrogantes, sino de aquellas de más relevancia (Belmonte, 2008:76).

El diagrama 1 muestra la organización para el abordaje del objeto de estudio, donde la parte izquierda mantiene una relación con los elementos teóricos o de conocimientos destaca; la fundamentación filosófica como un marco general de referencia que el trabajo conlleva en una idea de progreso histórico, en él se incluyen los fundamentos teóricos, el repertorio de procedimientos experimentales y herramientas heurísticas. La parte derecha hace hincapié en aspectos metodológicos, es decir, en asuntos de manipulación, observación y producción del tema de investigación.

El orden se enumera de la siguiente manera:

### **Dominio Conceptual.**

1.- El acontecimiento a estudiar, el cual ha sido abstraído de las indagaciones, experiencias y observaciones de un determinado contexto y que es factible de proporcionar información novedosa colocándose en la punta de la “V”.

2.- Posteriormente se inserta la pregunta principal en la que se incluyen los aspectos deducibles del trabajo y que deberá ser contestada en el transcurso de la investigación, en este caso se posibilita la reflexión del contexto de estudio.

3.- En cuanto al abordaje del dominio conceptual, me avocaré a la búsqueda de una concepción del agua en los discursos tecno-científicos como una doctrina filosófica.

4.- La teoría fundamentada en la Tensividad curricular y la Teoría de las Representaciones Sociales que en este trabajo plantea superar la ruptura entre individuo y sociedad, naturaleza y cultura (Castorina, 2003:9).

5.- Los mecanismos con que se abordaran los cuestionamientos del modelo, descansa en la propuesta planteada por Moscovici, referido al de la

comunicación (Taracena, 2003:40). Hurgar el mundo de significaciones que el agua representa para los grupos sociales, (entre ellos, la escuela), explorando lenguajes tecnológicos, discursos pedagógicos y la vinculación tecnología-sociedad-currículo en un espacio de lo posible.

6.- Los conceptos clave que utilizaré serán aquellos que están presentes en los discursos de la tecnología, el currículo, el modelo transversal y los experimentos imaginarios, con el propósito de incorporarlos a los lenguajes tecnológicos en los espacios escolares.

**DOMINIO CONCEPTUAL** **Pregunta de investigación**

**DOMINIO METODOLOGICO**



**1.- Ver el agua, sus implicaciones sociales y tecnológicas en educación.**

**DIAGRAMA 1**

## **Dominio metodológico.**

7.- Importancia del trabajo. Hace alusión a lo conveniente que sería el incorporar elementos externos, como el eje transversal agua, a los espacios curriculares, como una forma de aprovechar los saberes bifurcados en los espacios tecnológicos que gravitan en el entorno escolar.

8.- La relevancia social, en este caso, expone una problemática que ya se encuentra estacionada en nuestra realidad, la riqueza que gravita en los espacios culturales y las creencias sociales enriquecen el conocimiento escolar así como su ambiente social.

9.- Uno de los propósitos de este trabajo es el de incorporar los resultados de la investigación a las actividades escolares, no como una forma desfasada de los contenidos sino como un instrumento que aglutine el trabajo colectivo académico de los docentes, en la búsqueda de nuevos acervos que marquen pauta en el proceso del conocimiento.

10.- El valor teórico será en la medida que el trabajo aporte los elementos útiles en la incorporación de los procesos de actualización de los docentes, es decir, si estos son capaces de modificar un currículo, un programa o una planeación escolar.

11.- La utilidad metodológica se incorpora en el modelo transversal como un instrumento capaz de interaccionar entre lo escolar y lo que gravita fuera de ella a manera de tecnologías que se encuentran presentes en la vida cotidiana, posibles de modificarse mediante la operación de experimentos imaginarios.

12.- En las afirmaciones de conocimiento considero imperante dejar plasmado algunos aspectos que impacten el interés de los docentes en cuanto a situaciones hídricas, la vinculación entre las asignaturas y el desarrollo de modelos pedagógicos que propicien la indagación histórica, social, cultural, científica y tecnológica del agua, como una forma de otorgar el valor a lo que en la actualidad



se menosprecia, que sin embargo, es y seguirá siendo, el soporte de la vida humana.

13.- Como último punto se enuncian un conjunto de instrumentos que son utilizados como fuente de consulta y que gravitan en una serie de actividades realizadas para el desarrollo de esta tesis. En el plano de lo heurístico las fuentes de documentación apoyarán en el tratamiento de la investigación, fortaleciendo el trabajo en la búsqueda de nuevos horizontes del conocimiento, factibles de ser aceptados por las comunidades escolares de la educación pública.

#### **1.4. La representación histórica social del agua.**

Retro-traer la historia me permite hurgar en el pasado acerca de las concepciones que en este trabajo se abordan.

- 1.- Representaciones sociales.
- 2.- Representaciones tecnológicas.
- 3.- Representaciones educativas

Procuró rescatar, también, los elementos socio-históricos que se llevaron a cabo en diferentes etapas de la cultura humana, El Hombre ha empleado el agua para satisfacer sus necesidades básicas corporales y domésticas, utilizándolas en los cultivos y el desarrollo de la agricultura; como vías marítimas o fluviales; para el transporte; como muro defensivo; contra los invasores; como espejo mágico para escudriñar en el destino del hombre y del futuro de la gloria y la incertidumbre de sátrapas gobernantes y reyes, agua de sueños, mitos y cantos (Espinoza, 2007:25). Por el porvenir de las culturas flageladas, por el medio ambiente hostil y desconocido. El habitante urbano que la observa a diario, dócil, a sus necesidades, bajar mansa de la llave, no imagina con cuánta paciencia y astucia hay que manejar a esta nuestra gran amiga-enemiga; cuán a fondo hay que

entender su índole altiva para someterla y doblegarla, reducirla a nuestra voluntad, respetando la suya (Levi, 2001:15).

El agua es un recurso imprescindible, ella con su historia da sentido a lo que somos, es una fuerza fundamental que da configuración a nuestra existencia, sin embargo, para la gran mayoría de la población no causa sorpresa el hecho de su degeneración y de su despilfarro, arremete contra ella pensando en lo inagotable de este recurso, desconociendo su naturaleza. *“Cuando se publicaron por primera vez las fotografías en que se veía la tierra desde el espacio tuvimos una revelación: vimos un planeta asombrosamente bello. Fuimos cogidos por sorpresa. Es la existencia de agua abundante lo que hace de la tierra un planeta tan bello...No causaron sorpresa las enormes extensiones de océano azul vívido cubiertas por brillantes nubes, pero la realidad superó las expectativas de todos. Las fotografías trajeron a casa de todos los que las vieron, la importancia del agua en nuestro planeta”.* (Spellman, 2004:1)

En la categoría de los sueños, estos se vuelven aspiraciones, pero no desde el colectivo social, estos invaden la esfera de lo personal, trasladando el sueño a las zonas de la conciencia, transformando y asumiendo la naturaleza del contenido (Espinoza, 2003:25).

El agua es una sustancia que se encuentra de forma ordinaria en el planeta, su presencia ha facilitado, que una serie de eventos vitales evolucionen y en el transcurso del tiempo sea la base fundamental de todo ser viviente. La conformación de las sociedades no habría sido posible sin su presencia, la gran cantidad de culturas que se desarrollaron en los márgenes de los cuerpos de agua y los cauces de los ríos dan sentido a lo que en la actualidad conformamos como sociedad desplegándose a la par una serie de elementos tecnológicos para su “dominación”.

El desarrollo social se consolidó cuando aprendieron a manejarla, cuidarla y venerarla. Poseían una deidad que los identificaba con ella, con el devenir del tiempo el agua se transformó en “cosa” (Fabbri, 2000:44), la perversión conceptual de su significado la han hecho prisionera de la pobreza de una conciencia humana.

### **1.5. Retrospectiva geoquímica del agua.**

La hipótesis que encontramos en los espacios de investigación geológica hacen mención de la creación del sistema solar hace aproximadamente 4,500 millones de años. Los primeros planetas telúricos en conformarse Mercurio, Venus, Tierra y Marte, posiblemente fueron bombardeados por cometas que contenían agua y que le aportaron los elementos necesarios para la formación del agua. El agua pudo haber surgido en forma de vapor que al enfriarse se condensó en forma líquida formando lentamente los océanos *“tal vez cien o mil metros cayeron sobre el planeta aún parcialmente en fusión, evaporándose después nuevamente y produciendo un ciclo infernal”* (de Marsily, 2004:15). La actividad volcánica del manto geológico de la tierra originaría el calentamiento interno de ella dándole forma al relieve de la tierra, las montañas bien pudieron haberse constituido en ese periodo de tiempo. Los diversos estratos rocosos que se fundían y solidificaban atrapaban diversos gases que se fusionaban entre sí. Con el tiempo salieron a la superficie vapores como el metano, el dióxido de carbono, el amoníaco, los sulfuros y el agua. La fuerza de gravedad impidió que los gases ligeros salieran de la atmósfera,

### **1.6. La biosfera, el preludio de la vida.**

La biosfera terrestre se conformó, mediante una serie de combinaciones bio-geoquímicas que dio origen al desarrollo de la vida. No existe la certeza de que el agua se considere materia viva, pero sin duda fue ella quien la generó.

La humanidad, en tanto materia viva, está ligada de manera inseparable a los procesos energético – materiales de una envoltura geológica específica de la tierra, su biosfera, todas las formas de vida conocidas y desaparecidas dieron forma y sentido a este planeta azul y el agua se convirtió en el motor del desarrollo de los procesos vitales, la relación vida – agua constituye la base de todos los organismos conocidos (Antón, 2000:22).

La identidad biológica incorpora no sólo alimento, agua y aire, que vendrían a ser los requerimientos físicos, sino hechos, experiencias e impresiones sensoriales, el aliento de la vida se hace patente en la movilización de diversos elementos orgánicos en forma de minerales a través del agua, haciendo posible el desarrollo de diversas formas vivientes denominada por Vernadsky<sup>3</sup> “biosfera”.

Lotman denomina semiosfera a la extrapolación metafórica de la noción de biosfera, es decir, el universo semiótico el todo tiene la supremacía sobre las partes, es el gran sistema...fuera del cual es imposible la existencia misma de la semiosis (Lotman, 1996:23) el hombre dio inicio al dominio de la vida a través de su entendimiento.

El agua anima la vida de la superficie terrestre, conformando sistemas biológicos complejos, la vida no se sustentaría sin este líquido, los procesos que se desarrollaron en la geología del planeta le llevaron millones de años en desarrollarse, el advenimiento de la vida se vuelve una transmutación entre el agua, el aire y la luz, es un asombroso proceso de organización y expansión, desde la primera célula a los primeros homínidos de la biósfera, de los cuales el hombre es parte integral de ella.

### **1.7. El conocimiento del agua.**

Los filósofos griegos fueron de los primeros en preguntarse de la naturaleza y el cuidado del agua, “el agua era uno de los cuatro elementos de la realidad

---

<sup>3</sup> Geoquímico ruso que demostró que todas las formas de vida habitan en un espacio materialmente unificado denominado “biosfera”, así mismo, la vida la presenta como la fuerza geológica que da forma a la tierra.

universal al igual que el aire, la tierra y el fuego” (Tortolero, 2000:11), Tales de Mileto asigna los tres estados del agua, sólido, líquido y gaseoso, Aristóteles incluye el agua como cuarto elemento adjudicándole ser la sustancia arjé<sup>4</sup>, de la que sale todo y a la que todo vuelve. Para Tales de Mileto, el agua es el origen de la tierra, de donde ésta procede entendiéndola no como un ser divino con voluntad propia, sino como un principio natural.

El aire y el fuego dejaron de ser elementos hasta el siglo XVIII. Se comprobó que el aire y la tierra constituían mezclas químicas y el fuego era un producto de dicha actividad. Joseph Priestley, químico inglés lleva a cabo un enorme descubrimiento que él mismo le resta importancia al usar una lente para calentar dentro de un tubo una sal denominada óxido de mercurio, cuando el mercurio metálico se depositó en el fondo se desprendió un gas, que al acercarle una vela encendida, esta se avivó aún más a este gas Priestley le llamó aire fijo o gas silvestre (García, 1991:24).

El hecho es que Priestley logró señalar las cualidades del oxígeno como un gas respirable y comburente. Pero no entendió ni identificó el rol del oxígeno en el proceso de la combustión.

Henry Cavendish, físico químico inglés realizó investigaciones acerca de la química del agua y el aire. En 1781 descubre las propiedades del hidrógeno y la composición del agua mencionando que estaba compuesta por aire desflogizado (oxígeno) unido al flogisto (hidrógeno).

En 1783 se llevan a cabo las primeras síntesis del agua por Lavoisier a partir del oxígeno y el hidrógeno, mediante la mezcla de dos gases en un recipiente de vidrio que al aplicar una chispa eléctrica se convierte en una reacción que se condensa en gotas de agua en las paredes del recipiente.

El agua no es un elemento como se concebía desde la teoría aristotélica, sino la unión de dos átomos: el hidrogeno y el oxígeno, llamándole al primero “*aire*

---

<sup>4</sup> Consideraba al agua como el origen y principio de todas las cosas

*inflamable*” y al oxígeno *“aire ordinario”*. La fórmula inicial para el agua se la asigna Lavoisier como (OH), con esto la química se separa irremediablemente de la física, surgiendo como ciencia independiente y generando conocimientos y teorías específicas.

La fórmula para designarla era el (OH), interpretación no adecuada para John Dalton (1803) y su teoría atómica. Para él las partículas que forman los elementos son los átomos; un volumen de hidrógeno reacciona con un volumen de oxígeno. Como respuesta, se generan dos volúmenes de agua. En 1814 el físico italiano Avogadro asigna el peso atómico del hidrógeno en el agua al descubrir la existencia de moléculas formadas por dos o más átomos por lo que el agua necesitaría que dos moléculas de hidrógeno reaccionaran con una de oxígeno H<sub>2</sub>O.

### 1.8. El ciclo del agua.



Foto 1. El ciclo hidrológico es la fuente de abastecimiento de agua dulce de nuestro planeta. Algunas de sus regiones reciben una abundante cantidad del líquido y otras no, de ahí la imperante necesidad de su conocimiento y cuidado. **Henger & Smith** (2006). *Ciencia Ambiental*. (pp. 355). China: McGraw-Hill.

Para que el proceso de circulación del agua se lleve a efecto en la estructura terrestre la participación del sol es primordial. Sus efectos se dejan sentir en este sistema cerrado y se le conoce como *“ciclo del agua”*.

El agua se encuentra en continua circulación. De la atmósfera se precipita a los mares y a tierra firme donde llena los poros del suelo hasta saturarlos y el agua sobrante fluye a la superficie (Doménech, 200:36) formando lagos, ríos, mantos de nieve y hielo; una cantidad de ella es evaporada por los rayos solares y es devuelta a la capa gaseosa que envuelve la tierra bajo un proceso de condensación se incorpora en un ciclo que convierte a la tierra en una máquina hídrica.

El agua es un recurso que se renueva constantemente debido al ciclo hidrológico, la misma cantidad de agua que circunda al planeta de forma intermitente, el vapor de agua se condensa, se precipita, escurre, se evapora, es un proceso de reciclado permanente.

La evaporación y la condensación son las fases primarias de este mecanismo atmosférico. En la evaporación la suma de la energía calorífica provoca que el agua se convierta en gas, es decir, las moléculas del agua se separan por esta acción, en la condensación se invierte el proceso donde las moléculas de un gas liberan energía, se juntan y se convierten en líquido.

La energía solar proporciona el poder que provoca que el agua se evapore de la superficie del océano, del suelo, de los cuerpos de agua dulce y de las superficies de las plantas. El agua que se evapora de las plantas proviene de dos fuentes diferentes; una parte procede del agua que ha caído sobre las plantas como lluvia, rocío o nieve; la otra del agua que las plantas absorben del suelo y transportan a las hojas, donde se evapora. Este proceso se denomina evapotranspiración (Henger, 2006:354).

Cuando el vapor de agua se encuentra circulando por la atmósfera y se calienta el aire húmedo la enfría formando gotas de agua que se precipitan a la superficie

terrestre para ser absorbida por el suelo o fluirá a el subsuelo para incorporarse a corrientes y ríos subterráneos que retornarán a los mares.

Una parte que entra al suelo no es absorbida por las raíces de las plantas, se mueve lentamente hacia abajo a través de los espacios en el suelo y el material de la superficie, hasta que alcanza una capa de roca impenetrable. El agua que llena los espacios del sustrato se denomina agua freática y puede estar almacenada durante largos periodos en estanques subterráneos (Ibíd.354).

Los investigadores ambientales norteamericanos Henger y Smith (2006), clasifican el agua de los acuíferos en tres tipos: a) sin confinar, b) semiconfinados, c) confinados. El acuífero sin confinar es aquel que se encuentra cerca de la capa superficial de la tierra y que es alimentado por el agua que ingresa a él, es decir se recargan con la lluvia. Al nivel máximo de recarga se le denomina nivel freático y fluye por acción de la gravedad y del nivel de pendiente del suelo; el semiconfinado es aquel que le separa una capa semiporosa de rocas que obligan a este acuífero a trabajar más lentamente y el confinado esta aprisionado por capas impenetrables de rocas que son impermeables, son aguas que quedan atrapadas durante milenios.

### **1.9. Alteración del ciclo hidrológico.**

Un aspecto relevante en la alteración del ciclo hidrológico, está determinado por las actividades humanas. Polioptro advierte que los recursos hídricos están sujetos a grandes presiones debido fundamentalmente al crecimiento poblacional; al desarrollo social y económico que genera mayores demandas, sobre todo de uso industrial y de servicios y a los cambios en el uso del suelo y alteraciones en las zonas de captación de las cuencas. Por deforestación y erosión, por lo que el uso sustentable se está viendo en entredicho.





Foto 2. La tala inmoderada del bosque se ha convertido en factor determinante para alterar el ciclo del agua, al originar variaciones en la precipitación pluvial, cambios en la humedad del suelo y una afectación sin precedente en la evaporación. Imagen de zonas boscosas taladas. Tomada en predio la lobera Guachochi, Chihuahua. 4-12-2008.

Diversos expertos ambientalistas opinan sobre la rapidez del proceso y los enormes volúmenes de agua que se están ya precipitando en algunas regiones del planeta alterando la vida cotidiana. Las proyecciones estimadas para el año 2030 no dejan de ser preocupantes, las problemáticas repercuten en gran medida en los volúmenes de captación del líquido, por lo que la disponibilidad de agua en un futuro, ya cercano, será menor y en consecuencia el abastecimiento público se verá mermado. Según la SEMARNAT para año 2030 en algunas de las Regiones Hidrológicas (Administrativas: I Península de Baja California, VI Río Bravo y XIII Aguas del Valle de México en particular) corren un riesgo de encontrarse en situación de escasez.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos, constituyen otro factor que determinan su alteración. Es indudable que, aunado al crecimiento poblacional se incrementa la necesidad de este líquido. Y no de reposo para que los mantos de agua subterránea se recarguen en las temporadas de lluvia, con las consecuencias del ensalitramiento del suelo y el deterioro ambiental en general, González (2007), señala que la sobreexplotación del acuífero del Valle de México es del mismo orden de magnitud con respecto al agua residual que se envía

actualmente sin tratamiento, hacia la subregión Tula, donde es utilizada con baja eficiencia en actividades de riego agrícola, implicando riesgo para la salud .

### 1.10. Situación de los recursos hídricos.

La disponibilidad de agua por habitante del ciclo hidrológico, según información de la Comisión Nacional del Agua (2004) equivale a 4 534 m<sup>3</sup>/hab/año, (Cuadro 1) los demás datos indican el grado de presión que ejercen los usuarios sobre este recurso.

Cuadro No. 1

Componentes del ciclo hidrológico y disponibilidad natural del agua en México.

Componente del ciclo hidrológico	Promedio anual
Precipitación media histórica 1941-2002	1 151 km <sup>3</sup>
Evapotranspiración media	1 085 km <sup>3</sup>
Escorrentamiento superficial natural total	398 km <sup>3</sup>
Recarga media total de acuíferos	77 km <sup>3</sup>
Disponibilidad natural total	475 km <sup>3</sup>
Disponibilidad natural media por habitante	4 534 m <sup>3</sup>

Fuente: Comisión Nacional del Agua 2004

El agua cubre tres cuartas partes de la superficie de la tierra en donde el 97.5 % es agua salada; solamente 2.5 % es agua dulce y de esta, casi el 70 % se encuentra congelada en las capas de hielo de los glaciares y otra gran parte del agua dulce restante yace en acuíferos subterráneos profundos (Caballero, 2007:21). Las aguas superficiales son las que rápidamente captan los contaminantes que se originan de diversas fuentes, ya sean puntuales o no puntuales; las puntuales son aquellas que sabemos de donde provienen, y las no puntuales desconocemos su origen.

La calidad del suelo se ha deteriorado a consecuencia de la urbanización de grandes extensiones de tierra que antaño fueron zonas boscosas o de sembradío, impidiendo la filtración natural del agua hacia los mantos acuíferos, el cuadro 2 nos presenta la afectación que ha tenido el suelo y la degradación que por diversas causas se lleva a cabo, la estimación de la Semarnat es que el 45% del territorio nacional se encuentra afectado de una u otra índole y las principales son la degradación química, la erosión hídrica y la eólica

Cuadro No. 2

PRINCIPALES PROCESOS DE DEGRADACION DE SUELOS EN MEXICO, 2002

TIPO DE DEGRADACION	SUPERFICIE AFECTADA	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL CON DEGRADACION	PORCENTAJE RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL TERRITORIO NACIONAL
Erosión hídrica	230	26.1	11.8
Erosión eólica	185	21.0	9.5
Degradación química	350	39.7	17.9
Degradación física	116	13.2	5.9
Total con degradación	881	100.0	45.2
Sin degradación aparente	1 069		54.8
Total del país	1 950		100.0

Semarnat. Sistema Nacional de información ambiental y de recursos naturales. Compendio de estadísticas ambientales 2006. México 2007.

### **1.11. La región hidrológica del Valle de México**

El Valle de México comprendido el D.F y la zona metropolitana con municipios del Estado de México se caracterizan por el crecimiento desproporcionado de la mancha urbana incluida la población, que ha tendido a desplazar los bosques, el suelo, especies silvestres. El agua subterránea sufre de fuerte presión ante este crecimiento descontrolado.

La región se encuentra interconectada con el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, las aguas negras originadas por la zona metropolitana de la región oriente del Estado de México y del Distrito Federal vierten sus aguas, sin tratamiento alguno, al canal de la Compañía con trayectoria a esta subregión de Tula en donde se aprovechan para el riego de hortalizas y alfalfa. Las principales desventajas para el Valle de México han sido la desecación del sistema lacustre, la contaminación bacteriológica y los problemas de salud pública asociados con el uso y manejo de las aguas residuales sin tratar en la subregión de Tula (González, 2006:62).

El cuadro 3 permite distinguir los giros industriales más contaminantes a nivel nacional y de mayor descarga a cuerpos receptores como el azucarero, el petrolero y el agropecuario.

Cuadro No. 3

Volumen de descarga de aguas residuales industriales, 2002

Giro industrial	Descarga de aguas residuales (m <sup>3</sup> /s)	Materia orgánica generada (Miles de t/año)
Acuacultura	67.6	7
Azúcar	45.9	1 750
Petrolera	11.4	1 186
Servicios	10.3	183
Química	6.9	406
Celulosa y papel	5.5	108
Agropecuaria	3.2	1 063
Alimenticia	3	193
Cerveza y malta	1.6	272
Minería	0.8	56
Textil	0.7	14
Destilería y Vino	0.4	230
Beneficio de café	0.3	32
Curtiduría	0.1	9
Otros giros*	12.9	795

\* Incluye giros no considerados en el listado de giros industriales (manufactura, acabado de metales, metalmecánica).

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua 2004.

La afectación del ciclo hidrológico según Breña Puyol en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y en un estudio llevado a cabo durante cuarenta años (1960-1999) donde se calcularon los volúmenes de precipitación, evaporación de los cuerpos de agua, evapotranspiración, recarga natural y escurrimiento virgen en esta cuenca hidrológica se concluye que el volumen de lluvia medio anual corresponde a 6,646 hectómetros cúbicos (211 m<sup>3</sup>/s), una evapotranspiración de 5,257 hm<sup>3</sup> (167 m<sup>3</sup>/s), recarga de acuíferos 669 hm<sup>3</sup> (22 m<sup>3</sup>/s), una evaporación de los cuerpos de agua de 120 hm<sup>3</sup> (4 m<sup>3</sup>/s) y un escurrimiento superficial virgen de 580 hm<sup>3</sup> (18 m<sup>3</sup>/s).

La sobreexplotación de agua subterránea corresponde al 200%, la extracción tiene un volumen de 2,071 hm<sup>3</sup> (66 m<sup>3</sup>/s) y la recarga natural proveniente de la lluvia es del orden de 669 hm<sup>3</sup> (22 m<sup>3</sup>/s),

La extracción de agua en la cuenca del Valle de México ha ido en aumento. Para el año de 1870 se extraían 2 metros cúbicos por segundo; en 1952 se extraían 9 metros cúbicos por segundo y en el 2001 la extracción llegó a los 71 metros cúbicos por segundo.

Las tres fuentes que se utilizan para abastecer de agua potable a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México son los seis acuíferos ubicados en la Cuenca, y la importación de agua proveniente de los sistemas Lerma Santiago, foto 3, (agua subterránea) y del sistema Cutzamala (agua superficial) (Breña, 2007:79).



Foto 3. Tomada del mural de Diego Rivera *"El agua origen de la vida"*, plasmado en el cárcamo de Lerma. El mural se elaboró en honor a los trabajadores caídos en la construcción de esta colosal obra hidráulica que transporta el agua de los pozos de la cuenca del Lerma a la ciudad de México y algunos municipios del Estado de México. 10 de diciembre del 2007.

En el cuadro 4, proporcionado por la Comisión Nacional del Agua se puede observar con mayor detenimiento la dimensión de los volúmenes de agua requeridos para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

**Cuadro 4**  
**VOLUMENES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR FUENTE DE**  
**SUMINISTRO**

FUENTE	VOLUMEN10/6 M3	GASTO M3/S	PORCENTAJE
Extracción de acuíferos	1, 520	48	66
Cutzamala	623	20	27
Lerma	176	5	7
Total	2,319	73	100

Fuente: Conagua (2004)

El enorme caudal de agua que requiere esta zona, originado por el aumento desproporcionado de población, ha tenido consecuencias como la escasez del líquido. Pero también por el manejo inadecuado e ineficiente por parte de la población y de las autoridades que se encargan de administrarla. El mal manejo de la cuenca se demuestra con las descargas residuales municipales y la falta de una planeación hidráulica que aproveche los escurrimientos pluviales. El tratamiento de las aguas negras no es parte de una política que obligue a los usuarios del agua y en especial a la industria a tratar el agua que utilizan.

El volumen de agua residual que se vierte al Canal de la Compañía se ha venido incrementado a través del tiempo, los desarrollos inmobiliarios que se han generado en los municipios conurbados al Distrito Federal, han requerido de dotación de servicios de agua y drenaje, ejemplo; en el municipio de Ixtapaluca en el año 2005 se construyeron dos complejos habitacionales el primero San Buenaventura con un total de 20,000 casas y el segundo, cuatro vientos, con 2,000 casas habitación (Legorreta, 2006:140) y en donde fueron prácticamente arrasados bosques comunales, áreas de cultivo y taponado escurrimientos naturales de agua pluvial. Las descargas de aguas negras de estas unidades habitacionales se vierten directamente al río San Francisco y a un ramal del canal de la compañía, no existe tratamiento alguno de esta agua, las consecuencias se ven incrementadas en épocas de lluvia en donde los municipios más afectados son Valle de Chalco, Ixtapaluca, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán.

Las descargas residuales producto de la urbanización y el aumento del sector industrial de la región, son un factor de contaminación de los mantos freáticos de estos municipios, si antaño era orgullo de los pobladores la frescura de sus aguas municipales, en la actualidad se han convertido en sinónimo de desconfianza. La sobreexplotación de los acuíferos ha causado severas alteraciones ecológicas en la región, la dinámica socioeconómica de la región se vio alterada.

En el cuadro (5) se puede visualizar la cantidad de residuos que se generan en esta región, por una parte el Municipio de Ecatepec es el que aporta la mayor cantidad de desechos industriales debido a la gran cantidad de industrias establecidas, en el caso del Municipio de la Paz, aunque superado poblacionalmente por Ciudad Nezahualcóyotl, aporta más cantidad de desechos industriales debido al establecimiento de industrias medianas.

Cuadro 5

Desechos industriales arrojados a los canales de la Región Oriente Edo., de Méx.

Unidad Administrativa	Número de industrias manifestadas	Producción de desechos industriales (ton/año)	Porcentaje de la generación
Chalco	31	2 700	1.1
Chicoloapan	19	100	0.1
Chimalhuacán	27	100	0.1
Ecatepec	525	45 000	17.7
Nezahualcóyotl	82	200	0.1
La Paz	52	12 100	4.8
Texcoco	52	200	0.1

Manifiestos de empresas generadoras de residuos peligrosos. (CAM-GTZ., 2002).

El cuadro (6) es indicativo de la falta de una política hídrica que aproveche el caudal de agua que se desperdicia en la Zona Metropolitana del Valle de México. Como se puede apreciar algunas de estas plantas pertenecen a la iniciativa privada las otras son manejadas por instituciones gubernamentales, el volumen de agua tratada es raquítica con la que se desperdicia, al parecer la cultura que



se tiene en esta región es; desalojar el mayor volumen de agua posible. El abasto de un gran número de pobladores, en la actualidad se basa en el suministro que se lleva a cabo a través del Sistema Cutzamala.

**Cuadro 6**  
**Plantas de tratamiento de aguas residuales en la región oriente del estado de México.**

Municipio	Planta	Capacidad Instalada	Capacidad servicio	tipo de tratamiento
Chimalhuacán	Lago de Texcoco	1000.00	1000.00	Secundario/ lodos activados
Ecatepec	Termoeléctrica Valle de México	500.00	450.00	Secundario/ lodos activados
Ixtapaluca	Tlalpizahuac	22.00	15.00	Secundario/ lodos activados Desinfección.
Cuatro vientos		108.00	50.00	Secundario/ lodos activados Desinfección.
La Paz	Fábrica de papel San José	20.00	20.00	Terciario/ Fisicoquímico, ultrafiltración Secundario/ lodos activados Desinfección.
Nezahualcóyotl	Cabecera municipal	145.00	55.00	Secundario/ lodos activados Desinfección.
Texcoco				
Universidad de Chapingo		10.000	10.00	Terciario/ Reactor anaerobio
Unidad habitacional				filtro hidrofitos.
Las Vegas Imhoff.		18.30	0.00	Primario/ tanque
<b>Suma de plantas:</b> 8 plantas de tratamiento.				
<b>Total</b>		1823.30	1600	

Fuentes; CEAS y Gobierno del Estado de México, 2004.

Nota: *Tratamiento primario* se refiere a operaciones físicas, como tamizado y sedimentación, para remover sólidos flotantes o sedimentables encontrados en agua residual. *Tratamiento secundario*, en el que se aplican procesos biológicos o químicos para remover materia orgánica, puede incluir desinfección. *Tratamiento terciario*, combinación adicional de Unidades de operación y procesos para remover otros constituyentes como nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos y materia orgánica, que no se remueven por tratamiento secundario.

### **1.12. Algunas propiedades del agua.**

El compuesto químico más abundante en el planeta es el agua, sin duda la sustancia que conforma y sustenta la vida de nuestro mundo apoyando sus procesos químicos y biológicos que interactúan con todo ser viviente. El agua presenta un atributo máximo de densidad de 3,98 °C de temperatura a la presión atmosférica al aumentar el agua su temperatura disminuye su viscosidad, lo que facilita el desplazamiento de sólidos y organismos. El elevado calor específico es otra de sus propiedades con ello regula la temperatura de las zonas geográficas del planeta y de los organismos originando el intercambio de calor entre la atmósfera húmeda y los sistemas hídricos superficiales (hidrósfera).

Las propiedades organolépticas del agua son aquellas que el organismo humano puede captar mediante los sentidos; el gusto mediante el sabor, el olfato mediante el olor, el tacto mediante la temperatura y el color y turbidez mediante la vista.

El sabor se debe a la presencia de sales y gases como el CO<sub>2</sub>, el agua adquiere sabores desagradables cuando contiene altas concentraciones de estos elementos como el sabor ácido, cuando existe una alta agrupación de hierro y magnesio adquiere un sabor a metal, el sulfato de magnesio otorga un sabor amargo (Gray, 1996:237)

El pH se define como la concentración de hidrógeno en el agua que es alterado por el ingreso de diversos ácidos al sistema de agua (Spellman, 2004:142), indica, también, la calidad de agua que se consume, el pH bajo tiene un sabor amargo y el PH alto tiene un sabor a jabón, los compuestos orgánicos insertan un sabor desagradable.

El olor se debe a la alta actividad de los microorganismos y de la descomposición de biomasa que se desarrolla en las paredes de las redes de distribución de agua (Gray, 1996:237). Cuando se dan las condiciones necesarias atmosféricas, el agua que se encuentra detenida en los drenajes y se calienta, genera las condiciones óptimas para el crecimiento de microorganismos. También el olor es

producido por compuestos volátiles como la gasolina y pesticidas que son tirados al suelo y filtrados a los mantos freáticos.

El agua es incolora, en ocasiones la naturaleza la tiñe debido a la incorporación de sustancias externas, como materia orgánica del suelo, vegetación, minerales y residuos de aguas negras de los municipios y la industria (Spellman, 2004:137).

El azul del agua se debe a los procesos de dispersión molecular. El color es tanto más azul cuanto menor es la cantidad de partículas en suspensión (Doménech, 2000:13), puede llegar a tomar coloraciones verdes cuando contiene sales de calcio disueltas y amarillo y rojizo cuando contiene grandes cantidades de hierro.

La temperatura del agua depende de factores como el medio geográfico, el clima, la altitud, las estaciones del año, la profundidad, el calor del agua oscila entre los 10 y 14 °C, después de esa medida disminuye su sabor.

La turbidez se manifiesta como la presencia de arcillas finas, partículas de aluvión, óxidos de hierro y de manganeso, el origen de estos es por la incorporación de aguas de terrenos pantanosos, en algunos casos, a través de las aguas subterráneas que adicionan el hierro y el manganeso los cuales forman partículas insolubles conforme el agua es aireada y su pH se eleva, el aumento en la turbidez de una red de agua, indica la filtración de agua de lluvia a los pozos de distribución del líquido.

### **1.13. El abastecimiento de agua.**

El hombre ha confeccionado tecnologías para poder aprovecharlas para su consumo. Existe una gran variedad de aguas que circundan los continentes su disponibilidad varía en función de las precipitaciones y de las recargas que ocurren durante los periodos de lluvia. Ahora bien, son dos las que tienen una importancia muy grande ya que representan la circulación y el suministro del agua potable que consume la humanidad. Para el caso mexicano el agua superficial que proviene de ríos, arroyos y lagos representa el 63 %, mientras que el 37 %

restante proviene de fuentes subterráneas (*SEMARNAT*) estos dos tipos de agua son los aprovechados para el desarrollo energético y agrícola del país. Así también para el abastecimiento público de agua potable respectivamente.

El agua subterránea se considera un recurso muy importante. El agua subterránea forma parte del ciclo hidrológico, ocupa el 95% del balance mundial del agua. El agua superficial (3.5%) y la humedad del suelo (1.5%) el agua subterránea es la mayor fuente de agua potable de acuerdo a su baja concentración de elementos químicos nocivos es propicia para el consumo humano como se aprecia en el cuadro 7. Pero también es necesario mencionar que el agua subterránea se contamina de diferentes formas, siendo uno de ellos los productos que se utilizan en el hogar y son descargados por medio de los drenajes y estos a su vez a los mantos freáticos.

Cuadro 7

Calidad del agua por concentración de constituyentes químicos

Categoría	Sólidos totales disueltos (mg/l)
Agua fresca	8 – 1000
Agua salobre	1 000 – 10 000
Agua Oceánica	10 000 – 100 000
Agua de salmuera	más de 100 000

Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM.

La incorporación de diversas sustancias a los mantos freáticos reviste especial atención, por su complejidad, es necesario el conocimiento de las formas de vida de una comunidad, de su historia, su cultura del crecimiento urbano e industrial, de sus prácticas agrícolas del tipo de suelo y de su clima.

El cuadro 8, expone la cantidad de agua utilizada durante el 2006 de cada uno de estos indicadores, elaborada por la Subdirección General de Administración del agua dependiente de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y en donde se puede apreciar que la agricultura es la principal actividad que consume la mayor

cantidad de agua sobre todo en lo que respecta al agua superficial y al agua subterránea.

El Registro Público de Derechos del Agua (REPDA) cuenta con un archivo que contiene los registros de los volúmenes asignados a los usuarios de aguas nacionales, en esos registros se tienen clasificados los usos del agua en 5 grupos de los cuales cuatro corresponden a los de consumo y el hidroeléctrico que se contabiliza aparte por no ser un uso de consumo.

**Cuadro 8**  
**USOS CONSENTUTIVOS, SEGÚN EL ORIGEN DEL TIPO DE FUENTE DE EXTRACCION, 2006.**

(Miles de millones de metros cúbicos, km3)

<b>USO</b>	<b>SUPERFICIAL</b>	<b>SUBTERRANEO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Agrícola<sup>o</sup></b>	<b>39.7</b>	<b>19.7</b>	<b>59.4</b>
<b>Abastecimiento público <sup>a</sup></b>	<b>3.9</b>	<b>6.8</b>	<b>10.7</b>
<b>Industria autoabastecida (sin termoeléctricas) *</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>3.0</b>
<b>Termoeléctricas</b>	<b>3.8</b>	<b>0.5</b>	<b>4.2</b>
<b>Total</b>	<b>49.0</b>	<b>28.3</b>	<b>77.3</b>

NOTA: 1 km<sup>3</sup> = 1 000 hm<sup>3</sup> = mil millones de m<sup>3</sup>.

Los datos corresponden a volúmenes concesionados al 31 de diciembre de 2006.

<sup>o</sup> Incluye los rubros agrícolas, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del Repda.

<sup>a</sup> Incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del Repda

Incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del Repda.

Una de las principales actividades que se desarrollan en México es la agricultura y el agua es único medio para el riego de los cultivos, la superficie que se utiliza para esta actividad oscila entre los 20 y 25 millones de hectáreas ubicándose en un lugar importante del PIB nacional con un 6.5 %. Es de destacar que la superficie de riego del país ha aumentado considerablemente, según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2007) de 750 mil hectáreas en 1926 a 6.4 millones de hectáreas anualmente, lo que coloca al país en el sexto

lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego. El 54 % de la superficie bajo riego corresponde a 85 distritos de riego y el 46 % restante a más de 39 mil unidades de riego, el sistema de riego mecánico es 3.7 veces mayor de la producción agrícola por temporal, por lo que la demanda recae en el empleo al máximo de las aguas subterráneas originando con ello que los mantos freáticos disminuyan considerablemente y en consecuencia su recarga sea menor.

Los sistemas de riego en nuestro país son obsoletos lo que propicia el desperdicio del líquido, los sistemas de riego más conocidos son: gravedad, aspersión y goteo, cada uno presenta ventajas y desventajas respecto de los otros. Para los agricultores es bien conocido que en la selección de un sistema de riego deben considerarse factores como tipo de suelo, topografía del terreno, fuente de abastecimiento de agua, calidad del agua, distancia de la fuente de agua al cultivo, potencia requerida, disponibilidad de mano de obra y costo del sistema de riego (Carrillo, 2006:80-81). El sistema de riego por gravedad se refiere a la extracción del agua por medios mecánicos para ser depositada en una tubería con una inclinación adecuada a la distancia de los plantíos; el sistema de aspersión, se lleva a cabo por medio de aspersores que envían el agua a manera de lluvia, utilizando un sistema de bombeo para el envío del líquido, por último el sistema por goteo que consiste en la aplicación de agua a través de una tubería con goteros esparcidos en serie.

El agua para el abastecimiento público se distribuye a través de las redes de agua potable de los municipios a los usuarios domésticos que se encuentran conectados al sistema, en el valle de México, donde se concentra el mayor número de habitantes en el país, posee el menor recurso hídrico de todo el país, por lo que se ejerce una presión enorme sobre el recurso que es de aproximadamente 182 m<sup>3</sup> anuales por habitante. Del total del agua suministrada para uso público, 84 % se destina a los hogares. A escala nacional, la extracción de agua utilizada para uso público en 2002, fue de 9.4 km<sup>3</sup> anuales, lo que representa el 13 % de la extracción total de agua para todos los usos, lo que equivale aproximadamente a 86 metros cúbicos por persona anuales. El 69% de

abastecimiento de este recurso proviene fundamentalmente de fuentes subterráneas (Ibíd. 2006).

Esta presente que del total del agua que se suministra a los hogares por medio de las redes municipales de agua potable no toda llega el cien por ciento. Algunos obstáculos que se presentan en su recorrido son las fugas en los ductos o en otros aspectos relacionados con la salida del líquido. Un estudio llevado a cabo por la SEMARNAT, en el año del 2003, manifiesta el porcentaje de agua facturada respecto al total de agua empleada por los organismos operadores, el cual fue del 49%, lo que indica que el restante 51% del volumen se perdió en fugas, fue objeto de tomas clandestinas o bien correspondió a deficiencias en el padrón de usuario.

Con información de algunos trabajadores de OPDAPAS (Organismo Público Descentralizado de Agua Potable) de los municipios de Chalco, Ixtapaluca y Los Reyes la Paz pertenecientes a la zona oriente del estado de México, mencionan que ante el crecimiento urbano descontrolado de las colonias populares se han visto obligados a dotarlos de “hidrantes”, que son tomas de agua instaladas en alguna calle con la intención de evitar el robo del agua con tomas clandestinas y evitar conflictos entre los usuarios que ya la tienen y los que carecen de este servicio, no se factura ninguna cantidad del volumen de agua que se dota a la población. El agua es gratuita.

Constantino (2006) menciona que la industria autoabastecida utiliza el agua de los ríos, lagunas, arroyos siendo las principales las industrias manufactureras, termoeléctricas e hidroeléctricas, la química, la azucarera, del petróleo, celulosa y papel se aprecia en el cuadro 9 que la industria manufacturera consumió 2,774.54 hm<sup>3</sup> de agua que representa el 2.2% del agua efectivamente utilizada por toda la industria ampliada, los sectores termoeléctricos e hidroeléctricos demandaron en conjunto 125,159 hm<sup>3</sup> de agua entre los dos representa el 97.9% del consumo de agua efectiva que utiliza la industria demandando mucho más agua que el sector agrícola.

**Cuadro 9**  
**Usos del agua por los sectores industriales en México 2002**

<b>Región administrativa</b>	<b>Industria manufacturera (hm3)</b>	<b>Agua para termoeléctricas (hm3)</b>	<b>Agua para hidroeléctricas (hm3)</b>	<b>Total (hm3)</b>
I Península de Baja California	<b>91.61</b>	<b>199</b>	<b>0</b>	<b>290.60</b>
II Noroeste	<b>57.53</b>	<b>0</b>	<b>2,613</b>	<b>2,670.53</b>
III Pacífico Norte	<b>65.05</b>	<b>0</b>	<b>5,859</b>	<b>5,924.05</b>
IV Balsas	<b>232.07</b>	<b>3,169</b>	<b>45,588</b>	<b>48,989.07</b>
V Pacífico Sur	<b>16.36</b>	<b>0</b>	<b>1,705</b>	<b>1,721.36</b>
VI Río Bravo	<b>206.83</b>	<b>111</b>	<b>1,550</b>	<b>1,867.83</b>
VII Cuencas Centrales del Norte	<b>69.35</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>107.35</b>
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	<b>310.25</b>	<b>24</b>	<b>5,572</b>	<b>5,906.25</b>
IX Golfo Norte	<b>195.35</b>	<b>50</b>	<b>989</b>	<b>1,234.35</b>
X Golfo Centro	<b>1,169.31</b>	<b>503</b>	<b>12,602</b>	<b>14,274.31</b>
XI Frontera Sur	<b>91.07</b>	<b>0</b>	<b>44,454</b>	<b>44,545.07</b>
XII Península de Yucatán	<b>54.23</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>69.23</b>
XIII Valle de México	<b>215.54</b>	<b>68</b>	<b>50</b>	<b>333.54</b>
<b>Total Nacional</b>	<b>2,774.54</b>	<b>4,177</b>	<b>120,982</b>	<b>127,933.54</b>

Fuente: SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Estadísticas del agua en México, Comisión Nacional del agua (CNA), 2004.

1 hectómetro equivale a un millón de m3.



#### **1.14. Pasado sustentable, presente problemático.**

*“El México antiguo había estado sembrado de canales, como Venecia. Ahora se quería desaguarlo todo y convertir a la ciudad en pura tierra firme. Pero el logro de este propósito, si es que una vez se alcanzaba, implicaría el esterilización del Valle y el escurrimiento de los lagos... Los españoles trataron el agua como si fuera el enemigo”*

Alejandro de Humboldt, 1803

El nomenclátor de localidades del Estado de México, menciona que la región Oriente presenta una altitud que oscila entre los 2,460 y los 2,232 metros sobre el nivel del mar (msnm), esta cuenca formaba parte del entorno lacustre del Lago de Texcoco donde los escurrimientos que se originaban de los deshielos de los volcanes Popocatepetl e Iztacihuátl tomaban su cauce a través de dos de los ríos más importantes, el río Ameca y el río San Rafael que alimentaban constantemente este lago, así como una serie de esorrentías de no menor importancia que se formaban al precipitarse el agua de lluvia en las laderas de los macizos montañosos.

Las comunidades que se asentaron a las orillas del lago, en esta región, pudieron haber explotado de forma simultánea diversos ecosistemas, mediante una administración adecuada de la fuerza de trabajo en la aplicación de múltiples métodos (Serra, 1988:19) como lo serían la existencia y la aplicación de diversos sistemas tecnológicos: las chinampas que fue el sistema de mayor auge en la hidráulica prehispánica fue un sistema agrícola construido mediante la acumulación de capas de lodo y materia vegetal, formando parcelas rectangulares de cultivo ganada a los lagos para generar una explotación intensiva de producción agrícola que transformó la zona lacustre en un paisaje moldeado por la mano del hombre, los albarradones foto 4, que separaban el agua dulce de la salada del sistema lagunar del Valle de México y como estructuras para poder controlar las inundaciones, se aprovecharon el riego de temporal y se llevaba a cabo el riego por acequias (Palerm, 1973:112). Pero además sacaban utilidad del lago al extraer mosco y larvas, atrapar aves que cazaban a través de redes y la

participación colectiva para conseguir peces y acociles y una gran variedad de plantas comestibles como la lengua de vaca, el chicaztle, el acocotillo, el tule y la palmilla, esta transformación del paisaje hicieron de las culturas asentadas en este lago civilizaciones lacustres en la que el dios Tláloc dominaba como deidad suprema.



Foto 4. Representación artística de la Ciudad de Tenochtitlán y el albarradón de Nezahualcóyotl, los mexicas apoyaban su poder en el control que ejercían en el manejo de los recursos hídricos del lago. Imagen bajada de internet.

La conquista española trajo consigo una serie de afectaciones a la estructura de la cuenca, estaba claro que el agresor tenía que someter de manera violenta a una cultura que fincaba su existencia en procesos económicos, el dinero no existía pero el oro y la plata sí, y en grandes cantidades, el afán excesivo por la riqueza llevaron a la destrucción del sistema lagunar del altiplano mexicano.

La flota naval española se ostentaba como la más poderosa del mundo, el saqueo que se hacía de los estados conquistados iba aparejado de una secuela de algo terrible y espantoso que nos da cuenta Miguel León Portilla en *la visión de los vencidos*, la embestida brutal de un estado que tenía como sustento el equipamiento militar y de la pólvora prácticamente borró todo vestigio de la hidráulica prehispánica. El conocimiento profundo, el manejo adecuado y el dominio integral que nuestros antepasados tenían sobre el agua, jamás pudo ser entendido por los conquistadores; suprimir la cultura lacustre era imperioso para asegurar la dominación colonial. A partir del siglo XVI la nueva cultura de ultramar empezó su errónea tarea de desaparecer el agua de la cuenca de México (Legorreta, 2006:25) con la desecación del lago se lograba subyugar todo indicio de levantamiento, iniciándose, desde entonces, la contaminación hídrica en el continente, al ser utilizado el lago como basurero.

En la segunda mitad del siglo XVI científicos europeos fijaron los trazos de dos de las obras hidráulicas más importantes de América en la época de la colonia, el desagüe del lago de Texcoco, el primero se le denominó túnel de Huehuetoca y el segundo Tajo de Nochistongo. La intención era mitigar las primeras inundaciones que padecía ya entonces la Ciudad de México (1555), se ofreció una gran cantidad de dinero para el que pudiera determinar el lugar del desagüe natural del lago y en el que en un manuscrito nos evidencia el desprecio que se tenía por la grandeza del lago *“Noticia corriente, verdad no hallada creída de unos, ignorada de otros y despreciada de todos, el tesoro de la imperial Ciudad de México en el desagüe de la admirable laguna de Tezcuco enemiga capital de ella”* (Sala, 1994: 210)

La obra consistía en desviar el curso del río Cuauhtitlán, perforando un túnel por los cerros de Huehuetoca (6.6 kilómetros de largo, 3.5 metros de ancho y 4.2 metros de altura) (Legorreta, 2006:30) y después en tajo abierto hasta el poblado de Nochistongo, el desalojo se realizaría por medio de gravedad hasta conectarlo con el río Tepeji, otro que tomaría curso en dirección del río Tula para seguir su camino por el río Moctezuma y Pánuco y hasta desembocar al océano Atlántico. Sesenta mil indígenas, con el uso del azadón y la pala, construyeron esta obra (Palerm,1973:210)

Si anteriormente se trataba de desalojar el agua del Valle de México, en el siglo XX se trata de traerla de lugares lejanos para aplacar la sed de la creciente ciudad. Manuel Ávila Camacho presidente de la república pone en marcha la obra hidráulica que llevaría agua de la cuenca del Lerma a la ciudad de México (1942). Se construyó un acueducto de 62 kilómetros de largo y 2.5 metros de diámetro que cruza el monte de las cruces por medio de un túnel denominado Atarasquillo de 14 kilómetros y esta agua es captada (aún en la actualidad) en el sistema de distribución y almacenamiento construido en la segunda sección del bosque de Chapultepec de la ciudad de México, y donde se utilizaron, también, los depósitos de cien metros de diámetro y diez de profundidad, como se puede

apreciar en la foto 5, edificados en la época del porfiriato y de ahí distribuirla a una parte importante de la ciudad y de algunos municipios del estado de México.

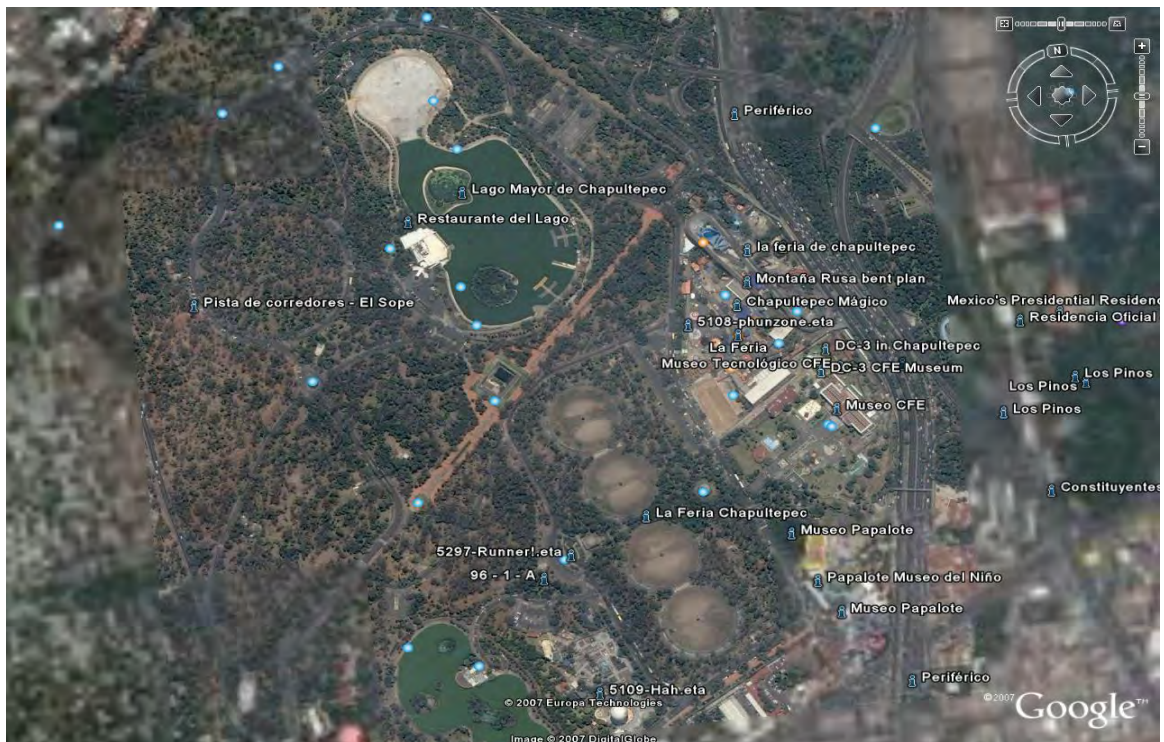


Foto 5. Vista de la ubicación del cárcamo del Lerma en la segunda sección del bosque de Chapultepec de la Ciudad de México, se aprecian, también, los depósitos construidos durante el porfiriato que a la postre sirvieron como cisternas de almacenamiento y distribución del líquido. Tomada de Google Earth 25-10-2008.

En la parte final de esta construcción se edificó una cámara de distribución de aguas, un depósito que señala la llegada del agua del río Lerma. En su interior el pintor mexicano Diego Rivera plasmó el mural denominado *El agua origen de la vida*, en la que el muralista rindió homenaje a los obreros muertos en la construcción del acueducto.

La demanda mundial de agua fresca se duplica cada veinte años y se calcula que para el año 2025 será un 56% más que el suministro según el Instituto Polaris en el 2003,<sup>5</sup> para la ONU el cálculo estimado de personas sin acceso al agua potable es de 1.3 billones de personas en el mundo, otros 2.4 billones carecen de servicios sanitarios y aproximadamente 30,000 personas mueren diariamente por enfermedades relacionadas con el agua donde 10,000 son niños y niñas.

<sup>5</sup> www.polaris. Org. Este organismo su sede se encuentra en Canadá, relacionándose con diversas organizaciones vinculadas a las luchas por el agua en países como Canadá, EE: UU., Sudáfrica y la India.

### **1.15. Crisis del agua en la vida cotidiana.**

El desequilibrio hidrológico que se ha desarrollado sobre todo en la Zona Metropolitana del Valle de México se manifiesta en el intenso crecimiento demográfico, la diversidad de actividades industriales que se concentran en un reducido espacio ha requerido de una enorme inversión económica y de manejo de recursos tecnológicos para satisfacer la demanda de agua, Víctor Castañeda (1997) refiere que la demanda del líquido ha ido en aumento así como la gran magnitud de redes de las cuales se pierde entre el 20 y 30 % del caudal en fugas que tardan en repararse. Sólo algunos municipios del Valle de México, continúan abasteciéndose de sus pozos.

La desmedida explotación de los acuíferos de la Zona Metropolitana del Valle de México ha tenido como consecuencia dos problemas básicos: por un lado el abatimiento de los mantos freáticos que, se estima, son de 10 a 12 m y cuyas consecuencias son la degradación físico química del agua y el aumento de su contaminación por aguas residuales; y en segundo término, el hundimiento diferencial del suelo.

En el caso de las aguas negras residuales, los hundimientos diferenciales se traducen en filtración de los contaminantes a las recargas subterráneas de agua, el hundimiento del suelo puede afectar las instalaciones de redes hidráulicas provocando el mal funcionamiento en el desalojo de aguas negras y pluviales ya que prácticamente funcionan por gravedad, como lo sería el caso del canal de la compañía en la Zona Metropolitana del Valle de México. La sobreexplotación de grandes volúmenes de agua, tienden a colapsar el entorno natural, la capacidad del suelo para filtrar el agua se ha reducido con sus consecuencias para la flora, la fauna y la agricultura, está en franca desaparición. La humedad del suelo suele decrecer, la tierra de cultivo se encuentra ociosa en gran parte.

El agua limpia que utilizamos en las casas se vuelve residual, las materias fecales y de orina que se desalojan por medio de los drenajes se vierten a los arroyos, ríos y diferentes cuerpos de agua, su saneamiento presenta graves carencias,

solo un pequeño porcentaje de esas descargas vertidas a los sistemas de alcantarillado público reciben algún tratamiento.

Aproximadamente 80 % del consumo de agua se desperdicia, se vierte a las tuberías de drenaje y se canaliza fuera del Valle de México, el agua pluvial no se puede almacenar ya que se disminuyó la superficie lacustre, las zonas de recarga se cambiaron por unidades habitacionales, el agua en consecuencia se escurre de las calles y avenidas provocando inundaciones.

El problema de concentración de aguas pluviales se agrava conforme se expande la ciudad hacia sus periferias, consecuentemente va requiriendo de obras hidráulicas de mayor envergadura y costo; evidentemente, conforme aumenta la superficie urbana disminuye la superficie de recarga de los acuíferos, esto tiene como consecuencia el incremento gradual de los problemas ambientales por el abatimiento de los niveles freáticos lo que acentúa la dependencia de fuentes lejanas para abastecimiento de agua, la pérdida de la humedad del suelo, la reducción de la actividad agrícola de las periferias, los hundimientos del suelo y la contaminación de los mantos por filtraciones de tuberías de drenaje, y azolve permanente de las redes por los millones de partículas en suspensión que acarrear los escurrimientos superficiales durante la época de lluvias, y que son depositadas a lo largo de las tuberías restándoles capacidad de desalojo (Bazant, 2001:67).

La región Oriente del Estado de México presenta las problemáticas que se describen y se convierten en una de las dificultades por las que atraviesa la cuenca hidrológica del Valle de México que con una población cuantificada de 3, 521,193 habitantes<sup>6</sup> foto 6, y un vertiginoso desarrollo urbano, se encuentra imposibilitada para satisfacer la demanda de agua potable de la población, se provee de la recarga de los acuíferos que proporcionan las lluvias de temporal, los municipios de esta región, en su mayoría, no se encuentran incorporados al sistema Cutzamala que abastece a gran parte de los habitantes de la Ciudad de México, sino que lo hacen a través de los pozos municipales y estatales que son

---

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo de población y vivienda 2005.

manejados por CEAS (comisión estatal de agua y saneamiento) y OPDAPAS (organismo público descentralizado de agua y saneamiento) órgano municipal encargado de administrar, recaudar y abastecer los servicios del agua en los municipios mexiquenses. Aunque a partir del año 2009 se prevé la construcción el circuito mexiquense del agua con lo que algunos municipios que se abastecen de pozos municipales quedaran incorporados al sistema Cutzamala.



Foto 6. Con sus más de tres millones y medio de habitantes, la región Oriente del Estado de México ve crecer sus demandas de suministro de agua potable y por lo tanto observa, también, el impacto del deterioro ambiental que se está originando al afectar las recargas naturales de sus mantos acuíferos y la sobreexplotación de sus reservas de agua. Foto tomada de Google Earth 15- 12- 2008.

El análisis de las problemáticas urbanas se ha llevado a cabo desde que se introdujo el concepto de sustentabilidad en la década de los ochentas y en el que se advertía del riesgo que implicaba el sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas naturales, siendo uno de ellos el agua y revelándose a manera de crisis de una determinada sociedad.

Debe ser motivo de crítica y reflexión el impacto que el crecimiento poblacional anárquico del valle de México ha resentido en estos últimos años, las

necesidades básicas que requiere una población de tal envergadura se pueden ver afectadas, y de hecho se han presentado conflictos entre grupos de pobladores con las constructoras que pretenden fraccionar terreno agrícola, las demandas de agua son cada día crecientes y no se vislumbra, por el momento algún plan que mitigue esta problemática.

El Rescate de este valioso conocimiento, dispersa en diversos espacios académicos, culturales, geográficos, tienen la intención de vincularlos con el quehacer docente en sus diversas áreas del conocimiento. No pretendo colmar el currículo escolar con información, sino que, los elementos expuestos, potencien y nutran las parcelas curriculares del conocimiento y a su vez generen conciencia de la riqueza cultural que el eje transversal agua encierra. El siguiente capítulo tiene el propósito de vincular toda esta riqueza de saberes con la cultura escolar reflexionando desde la participación de ésta en la vida habitual de los sujetos de conocimiento y su incorporación pedagógica en los contenidos curriculares.



## **CAPITULO II.**

### **HACIA UNA DINAMICA DE INTERACCION**

#### **2.1. Las concepciones sobre el agua.**

La presencia cotidiana del agua en la vida diaria nos impide reflexionar sobre su naturaleza y su importancia para la vida del planeta. Sin embargo su problemática la ha convertido en un tema de actualidad. Edward Hall (1976), manifiesta que la cultura decide a qué prestamos atención y qué ignoramos. Por ende el agua se convierte en objeto de reflexión, en donde las diversas percepciones sobre ella son susceptibles de analizar en el espacio curricular y donde las disciplinas del conocimiento examinarían perfilando una nueva cultura y un vasto campo de sentidos, de valores, de procesos tecnológicos, Espinoza Berber (2007) argumenta que una parte de la significación del agua es una guerra de los sueños y una guerra de la interpretación de los sueños, cada cultura tiene determinadas interpretaciones. Cada una le dio un significado distinto donde el sueño es entendido como un porvenir y un cómo hacer sustentable y duradero aquello que da sustento a la vida.

Entonces como eje central tenemos al hombre, no como objeto sino como parte fundamental de una estructura social que gravita en su entorno natural, que deja sentir el peso de la utilidad de las cosas y las transforma en objetos procesándolas para el bien común, es decir nos internamos en un espacio semiótico donde se intenta conocer cómo conocemos y utilizamos un saber, cómo producimos, interpretamos y hacemos transitar los significados en la sociedad.

Cuando Cassirer (2006) define al hombre como animal simbólico, hace alusión a una caracterización de sus vivencias que gravitan como ilusiones y desilusiones, lo que se trata es quien tiene el mejor sueño para interpretar. En el caso del agua las culturas le van dando sentido a través de la imaginación, estas importan y exportan saberes a través de la comunicación y de sus sueños.

La semiótica es una ciencia social, donde el hombre se convierte en el centro de persuasión, ya que es él el que produce los signos y les da significado, los manipula y los maneja a su antojo, lo que perturba y alarma al hombre. No sólo son las cosas sino sus opiniones y figuraciones sobre las cosas (Cassirer, 2006:64).

## **2.2. La significación del agua en las culturas mesoamericanas y la sociedad moderna.**

Vargas y Piñeiro (2005) distinguen dos concepciones (cuadro 10) en las significaciones que cada civilización utiliza para interpretar el recurso hídrico. Para las culturas mesoamericanas el agua forma parte de la comunidad y ésta a su vez se interrelaciona con ella mediante actividades productivas para la población en las que se incluyen los alimentos, la salud, el transporte sin manifestarse el concepto de acumulación o ganancia; para la modernidad el paradigma del progreso es consecuencia de la degradación ambiental, donde la naturaleza se convierte en factor de ganancia.

**Cuadro No. 10**

**SIGNIFICADOS DEL AGUA EN LA SOCIEDAD PREHISPANICA Y EN LA SOCIEDAD MODERNA**

	<b>SOCIEDAD PREHISPANICA.</b>	<b>SOCIEDAD MODERNA</b>
<b>CONCEPCION DEL HOMBRE EN RELACION CON LO AMBIENTAL</b>	El hombre convive con la naturaleza y no es su dueño. Los elementos de la naturaleza deben ser utilizados y conservados. La adaptación al medio es garantía de sobrevivencia de todos.	El hombre está habilitado a dominar y adueñarse de la naturaleza. El control de las fuerzas naturales es la condición para el progreso. El progreso se traduce en bienestar. El desequilibrio del medio ambiente es un efecto no deseado del progreso
<b>CONCEPTO DE AGUA PRESENTE EN SU DISCURSO</b>	Elemento vital, espacio y objeto sagrado, origen de la vida, fuente de salud, proveedora de alimentos,	Recurso natural, factor de producción, vía de comunicación, insumo para la vida, elemento de la

	castigo divino ante la desarmonía.	naturaleza.
<b>CAMPOS SEMANTICOS DE AGUA</b>	Madre del agua, diluvio, mundo de abajo / mundo de arriba, agua prohibida, agua que sana, río sagrado, guardianes del agua, danza de agua, frutos del agua.	Recursos hídricos, obras hidráulicas, agua potable, redes de agua, riego artificial, bombas de agua, mercado de agua, crisis del agua, guerra del agua.
<b>VALORES QUE SUSTENTA</b>	Seguridad      Respeto Solidaridad    Cuidado Adaptación Sustentabilidad	Rentabilidad      Hedonismo Progreso Extractivismo Control            Propiedad

El agua está interpretada por diferentes ideas, lenguajes y conceptos que transitan en la comunicación humana. Para algunos se vuelve un elemento de culto, de veneración por su relación con un carácter divino o sobrenatural; el caudal sagrado protegido de los dioses y un bien de la naturaleza; por otro lado el agua se convierte en un recurso que satisface la necesidad del hombre en su requerimiento diario.



Foto 7. En la agricultura de la región de Zumpango Estado de México, las aguas negras provenientes del oriente del Estado de México se utilizan para el riego de sembradíos de maíz teniendo un costo económico por el uso del caudal. 1-12-2008.

### 2.3. La relevancia social del agua.

En el mundo de las significaciones sociales, los saberes se encuentran mediados por la percepción. La percepción depende de la capacidad del sujeto para discernir. Aprender la realidad se dificulta por las diferencias del sujeto, de las comunidades, de las disciplinas, de las culturas. En la temática del agua están identificados una serie de saberes diferentes que enriquecen su concepto, por estar representadas en significaciones sociales y culturales.

La riqueza de las representaciones sociales, es la parte fundamental para comprender el campo de la significación del agua, que tiene su origen en las representaciones sociales y su determinada cultura. Se presentan a manera de conflictos, de inquietudes, de saberes, de luchas y de sueños.

Barkin (2005) reflexiona en torno al desaliento de la participación social en los debates sobre la gestión en el cuidado del agua y el impacto ambiental en las actuales tendencias gubernamentales, donde los funcionarios públicos han intentado relegar la gestión del agua en México a un nivel puramente técnico del que se excluye a la escuela pública



Foto 8. La escuela pública ha sido relegada del debate acerca de los recursos hídricos, el agua como parte fundamental de la vida y en consecuencia con una carga histórica de conocimiento le concede el derecho de ser revisada por los núcleos escolares.

El conocimiento de un elemento tan vital como el agua, encierra una serie de perspectivas que circulan con sencillez desde lo obvio, lo que se mueve con naturalidad en su entendimiento, hasta lo utópico, lo que se mueve en las significaciones de las diferentes culturas, y lo complejo, lo que se mueve en las disciplinas del conocimiento científico. Sacar a la superficie nuestra escala de valores en la manera que queremos modelar el mundo, nos hace conscientes de lo que tenemos y de lo que hemos perdido, nos proyecta al compromiso y obligación de transitar hacia una cultura sobre el agua y la naturaleza.

#### **2.4. Integración de saberes.**

Con el agua conviven y prevalecen las comunidades al igual que sus culturas. Sus dinámicas se van complejizando al desarrollarse en ciudades y metrópolis en donde el conocimiento de ella se va reduciendo al aumento de su espacio urbano. La escuela por ende no es ajena a una serie de fenómenos que afectan directamente a la población, es decir, desde la óptica escolarizada, el agua es vista como una cosa, que no tiene ninguna importancia. Diversos programas emergentes educativos que promueven el uso racional del agua se han llevado a cabo, sin que esto sea significativo para los alumnos y docentes, en este caso, la urgencia de las escuelas se vuelve administrativa, concentrándose en el envío de informes y estadísticas a los departamentos de educación referidos; al número de actividades a desarrollar y de participantes, todo ello en un lapso exageradamente corto, que no da oportunidad al profesor de programar e informarse acerca del tema, volviéndose toda actividad en una simulación.

En lo más cotidiano de sus formas de vida, las experiencias sociales generadas por la falta, limitación, o afectación del agua para el consumo y los usos cotidianos, forman fenómenos donde los dilemas por el agua tocan fondo al relacionarse con los umbrales de la sobre vivencia.

En medio de una riqueza étnica y popular que considera a la tierra y al agua materia viva y sensible, ser del cosmos y parte fundamental de la existencia humana, la información mediática profundiza constantemente en las complejidades climáticas y en el espectáculo de la carencia, produciendo discursos donde prevalecen los imaginarios catastróficos.

Por su lado, la producción de conocimientos innovadores en ciencia y en tecnología, sus redes institucionales y sus elaborados mecanismos para sistematizar ecológica y geopolíticamente los escenarios presentes y de futuro, frecuentemente encuentran limitaciones para llevar sus saberes a lugares donde la intervención colectiva es y será indispensable. Las poblaciones urbanas, las escuelas.

Entre otras instituciones, segmentos relevantes del espacio escolar (en todos los niveles del sistema educativo), trabajan de manera fragmentaria o esporádica tanto los mundos emergentes de sobre vivencia, ejemplificados en las tensiones por el agua, como los universos lúdicos y reflexivos que son posibles.

Pese a la intensidad con que circulan por redes y otras vías comunicativas, parte de las dificultades para poner en contacto mundos extracurriculares con programas escolares, se relaciona con la reducida creación de modalidades para articular los conocimientos necesarios y urgentes, con las demandas, las prácticas y las posibilidades de la cultura escolar.

La búsqueda de una cultura del agua, como la concebimos, requiere una nueva actitud en la que sea posible ampliar las responsabilidades compartidas e incrementar las condiciones donde el sentir y el saber puedan convertir mutuamente sus propias expectativas.

Se busca repensar la cultura escolar y los trabajos de aula, impulsando el diálogo entre comunidades, profesores, estudiantes, investigadores, instituciones, de modo que los contenidos, actividades y valores de grupos diferentes, amplíen las voces y experiencias para la formación.

## **2.5. Límites a la incorporación del eje agua al currículo escolar.**

El panorama que se ha presentado en capítulo anterior no debiera ser ajeno a las instituciones escolares. En cuanto a este tema su participación se ha reducido a un mero activismo. Las posibilidades por desarrollar una cultura hídrica encuentran obstáculos en una serie de disposiciones de diversos contextos. Por un lado la exigencia administrativa de los contenidos. Estos son reproducidos dentro de la misma lógica del currículo implementado, es decir, no hay posibilidades de implementar acciones que innoven la práctica, aunque en diversos talleres se impulsen estos principios, quedan como buenos propósitos, como ideas, como cultura general que se olvida en el exceso de las disposiciones oficiales y el agobio de la carga curricular por desarrollar.

El tema del agua incorporada a distintas asignaturas de diversos niveles educativos tendrá que impactar en la vida cotidiana de los escolares, reflexionando su problemática y generando una serie de conocimientos que les permita manifestar opiniones sobre su entorno social, una serie de valores que les comprometan a actuar con responsabilidad en el uso de los recursos. Las diversas disciplinas como historia, física, química, economía, literatura, biología, política., ampliarían el vasto campo del conocimiento, como un servicio con valor económico y que habrá de administrarse, como un elemento que contiene la historia de la vida, un elemento lúdico que permite vincularse en la esfera social comunitaria, un objeto sagrado que parte de una concepción mítica que entiende la naturaleza en un espacio que el hombre comparte con todos los demás seres vivos, el agua es un bien sagrado de la naturaleza gobernada por los dioses,

## **2.6. El agua como tema transversal del conocimiento.**

El agua como objeto de estudio en una dinámica de aprendizaje transversal hace posible la integración de diversas áreas del conocimiento, además de generar amplias posibilidades de trabajo pedagógico, permite crear una conciencia de la particularidad cultural y ambiental a la cual pertenecemos. Las significaciones actuales del agua son el producto de las múltiples mediaciones, difícilmente una

persona que viva en alguna ciudad puede ligar el concepto de agua al de río, lluvia, rocío o agua subterránea. La imagen más cercana en su concepto de agua se parece más a la de una llave o la de un caño. Es el líquido que representa un problema en su vida diaria. El agua debe ser considerada en la comunidad como parte de una interrelación entre la comuna, la escuela, las actividades productivas y el espacio vital. Las pautas socioculturales de una comunidad son las que determinan las necesidades de la población en su conjunto y de los individuos en particular, el agua forma parte de las necesidades físicas, que incluyen los alimentos, el vestido y la salud.

En la actualidad se dice que el progreso tiene que ser ilimitado, la “razón” todo lo puede controlar, el hombre se vuelve universal. Este modelo es el que sin duda más depredación ambiental ha causado, Fabbri ve en la naturaleza objetos no cosas, y que las cosas son objetos, conjuntos orgánicos de formas y sustancias, es decir, la naturaleza se convierte factor de producción, de consumo, de intereses económicos, de la alteración indiferente de la biosfera, de la negación sociocultural de las regiones, de las etnias y el significado que el agua representa para ellos.

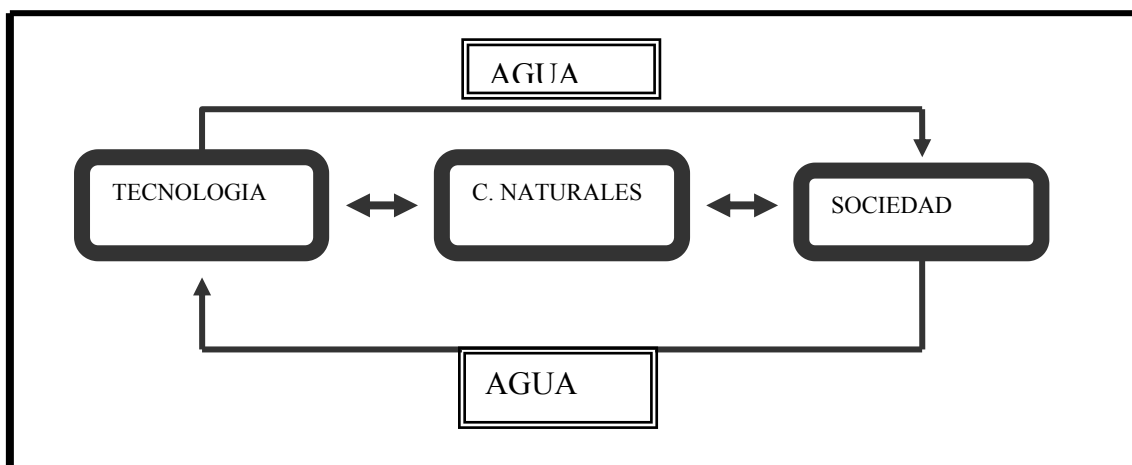
Ante esta complejidad social creciente también se reclaman ciudadanos capaces de comprender y evaluar problemas y alternativas, así como de gestionar asuntos sociales complicados (Darling, 2002:71). El conocimiento, la información y la gestión deben pasar a ser abordados en las instituciones. La vinculación de los modelos públicos del agua, desconocidos por las poblaciones escolares, serían de un efecto positivo en la socialización de los conocimientos de su entorno; la indagación del proceso del suministro del líquido, de los problemas que representan las descargas de aguas residuales, del desarrollo de proyectos hidráulicos escolares, deberán ser elementos didácticos que proyecten futuros profesionales en los educandos. La participación del sector privado se vuelve entonces un elemento de consulta, la explotación y comercialización que ellos llevan a cabo, trátase de mediana o pequeña industria, conllevan al desarrollo tecnológico de los procesos de producción y de tratamiento del agua.



## 2.7. Alternancia con las disciplinas del conocimiento.

Partiendo de los lenguajes de las disciplinas, las concepciones que cada una de ellas manifestaría con el eje transversal agua serían diferentes, pero en este caso lo que se trata es que estas especialidades se articulen y logren en su análisis percibir la complejidad (Diagrama 2), con las aportaciones de personal especializado en los temas hídricos se pueda llegar un campo más amplio de conocimientos y una mayor participación social en las comunidades escolares.

Diagrama 2  
La alternancia de los saberes



Incorporar semiótica y agua, es interrogarse acerca de lo obvio, por los lenguajes que circulan y fluyen por todas partes con espontaneidad respecto al agua (las culturas, las sociedades, las etnias, el campo, la industria, la economía, la literatura, la ciencia, la tecnología, la escuela). La forma en que el hombre hace mención de su mundo se manifiesta en la manera de querer aprehender su realidad. Cassirer sostiene que la realidad no es una cosa única y homogénea; se halla inmensamente diversificada, poseyendo tantos esquemas y patrones cuanto diferentes organismos hay.

Cada organismo es, por decirlo así, un ser numérico. Posee un mundo propio, por lo mismo que posee una experiencia peculiar, la disputa con los riesgos y dificultades que amenazan el compromiso con la vida para superarlos, y es

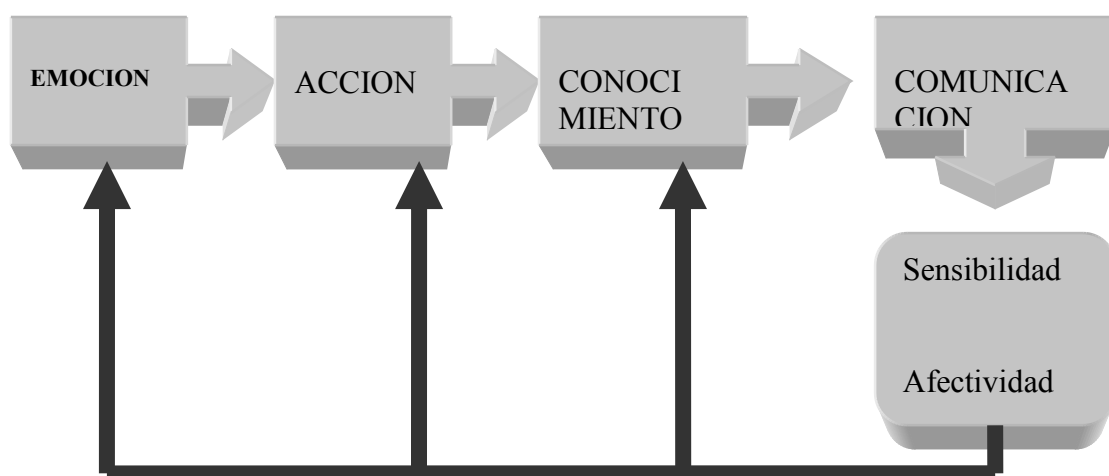
precisamente a esa serie de patrones y modelos tecnológicos que se le presentan en su entorno y le dificultan poder opinar sobre ellos. De hecho las concepciones tecnológicas que el hombre aprecia en el consumo cotidiano para su subsistencia en el caso del agua son intervenidas por las pautas de comunicación de los medios, el agua como objeto de conocimiento se ve reducida a una cosa de uso común.

El lenguaje mediático se vuelve un instrumento de disuasión de la inmediatez comunicativa, acción que le permite externar el razonamiento producto de la contrastación de los cuestionamientos de las prácticas emotivas y sensitivas, en otras palabras, el agua como producto de una acción comercial y en la que el individuo es prácticamente bombardeado por los medios, cobra sentido el interés por indagar los procesos que le dieron proyección en el mercado.

Aprovechar las teorías de las emociones como lo describe el diagrama 2 (Vargas y Piñeiro, 2005) remite a una participación del individuo traducida en una respuesta fisiológica acompañada de una respuesta cognitiva, es también, estar a la expectativa de algo novedoso, en el terreno educativo, las innovaciones tecnológicas conducen al docente a una motivación, retoma aquello que le es útil para su actividad, distingue cualidades para su profesión.

Diagrama 3

De la emoción a la comunicación



Las emociones, diagrama 3, se manifiestan cuando el sujeto reconoce como significativo lo novedoso de un suceso o evento y con el cual se identifica. La emoción tiene la capacidad de elaborar conocimiento (Guerra, 2004), la función pedagógica de las emociones, parten de presenciar novedades que atrapan su atención y que no se encuentran en los contenidos curriculares de sus asignaturas.

Se presenta como algo nuevo que le motiva a indagar en los diversos espacios académicos , permitiéndole potenciar su práctica docente, de esta manera el sujeto se vuelve más sensible del mundo circundante (Cassirer, 2003).

En las escuelas, las emociones pasan desapercibidas no son de importancia, el acartonado proceso de actualización magisterial, se convierte en una verdadera competencia por la simulación y el aburrimiento, el comentario del profesorado “lo mismo de siempre”, se vuelve como una predisposición a no participar colectivamente.

En este sentido, me interesó el aspecto de las emociones, por que al llegar ante un auditorio a presentar una propuesta, lo primero en que percibí fué la atención

mostrada por los docentes, si se propiciaba la participación colectiva y si esta propuesta podía ser significativa para su labor.

Las emociones tienen cualidades que invitan al sujeto a estar en disposición para participar en diversos eventos, favoreciendo el procesamiento inmediato de la información (Martínez, 2008). Los profesores de una escuela secundaria participaron de una actividad donde se les enfrentó a un asunto vital significativo y donde pude notar la activación de diversos procesos cognitivos colectivos, al estimular el interés por conocer de un elemento, desapercibido e irrelevante para docentes y directivos, el agua, Según Reeve (2009) las emociones generan experiencias cognitivas, al enfrentar al sujeto así mismo, mediante problematizaciones, como se describe a continuación.

El proceso metodológico de desarrollo de las sensaciones dentro de un esquema tecnológico en el que el agua fue una constante se llevó a cabo mediante un taller que se efectuó el día 2 de marzo del 2007 en la escuela secundaria “José Antonio Alzate” del Barrio de San Agustín Atlapulco del municipio de Chimalhuacán, en el estado de México. Se logró probar que la *importación* de nuevas propuestas que se acercaran al currículo oficial era factible de poder incorporarlas a sus programas de trabajo, la expectación de los docentes estuvo manifiesta al aceptar con asombro la propuesta.

### **Ejercicio de un proceso de sensibilización docente.**

ESCUELA: SECUNDARIA “JOSE ANTONIO ALZATE”.  
LUGAR: SAN AGUSTIN ATLAPULCO, CHIMALHUACAN.  
DIA: 2 DE MARZO DEL 2007.  
ACTIVIDAD: TALLER “SABERES DEL AGUA”.

Mediante una fotografía satelital obtenida del programa de internet *google Earth* se les mostró a los docentes de la escuela secundaria una vista aérea del municipio de Chimalhuacán y en especial la del barrio de San Agustín Atlapulco, con la intención de poder observar a detalle y analizar el crecimiento urbano desproporcionado que ha sufrido el municipio, así como las invasiones urbanísticas que se han asentado en las conformaciones geológicas elevadas, como lo sería el cerro denominado por los pobladores *Chimalhuachi*, y el

consecuente deterioro al que se encuentra sometido el medio ambiente del sitio habitable.

En una presentación tridimensional del cerro del Chimalhuachi se van identificando los escurrimientos que taladran su geografía y que no se encuentran registrados en estudios geológicos de instituciones superiores que cuentan con especialistas en esta materia y que se investigaron mediante trabajo de consulta y archivos de diferentes universidades.

Los profesores mencionan y ubican una escorrentía que tiene trayectoria justamente en dirección del patio de su escuela y la cual nunca le habían concedido interés por observarla ni mucho menos por realizar cuestionamientos de lo que significaba para su entorno ecológico y sobre todo para su institución. Los docentes llevan a cabo comentarios acerca de la importancia de tener enfrente este escurrimiento, de aprovecharlo e incluso de asignarle un nombre.

Los maestros participan exponiendo las problemáticas que se presentan en la comunidad por la falta de planeación en cuanto a la carencia de políticas de previsión en el desarrollo urbanístico y las consecuencias actuales que se manifiestan por las severas inundaciones que se forman sobre las avenidas principales de San Agustín durante la temporada de lluvias, pero se comenta, también, sobre las consecuencias de la contaminación del suelo y la incorporación de elementos que alteran la conformación química del agua.

En dicha sesión se presenta, un conjunto de fotografías del lugar hacia donde se vierten las aguas de lluvia de su barrio, las pocas que son captadas, ya que la mayoría se deposita en los mantos acuíferos del lugar. Es el *canal de la compañía* comenta un profesor, con preocupación los docentes escuchan la exposición, primero, de la breve historia de la construcción de dicho canal y los motivos que llevaron al gobierno federal y estatal a realizar la obra, posteriormente las políticas urbanísticas sin control que se llevaron a cabo en el trayecto de su cauce, el depósito de desechos contaminantes en que se convirtió y su cauce por la laguna de Zumpango, el río Tula, el río Moctezuma, el río Pánuco y el océano Atlántico.

Los docentes hablan de diferentes puntos de contaminación que se generan en la comunidad, señalando uno de ellos el panteón municipal que ocupa una gran extensión de terreno y que a la actualidad ha quedado en el centro de la delegación, pero también surgen cuestionamientos sobre la recarga de los mantos acuíferos y la sobreexplotación que a través de los pozos se lleva a cabo y que surten de agua a las partes altas del pueblo.

Se habla acerca de los contaminantes que pudieran llevar en su cauce el canal de la compañía y sus efectos sobre la salud cuando estos se filtran a los acuíferos del lugar. Se exponen los diversos contaminantes que se incorporan al sistema de drenaje municipal, como lo serían el detergente, los aceites automotrices, los metales pesados (aluminio, plomo, arsénico) la gasolina.

Se invita a participar a los profesores y llevar a cabo la dinámica denominada el río en la que se reparten hojas de papel con el dibujo de un trazo de río, se les hace una pregunta referente a lo que harían con la parte de tierra que tienen frente al río si hubieran heredado una fortuna. Se les indica que dibujen sus pretensiones, y se les asigna un tiempo aproximado de 15 minutos para que se organicen y nombren a una persona que dé a conocer los motivos que les llevaron a tomar esas decisiones.

Cada equipo con su respectivo representante expone el trabajo, que se plasmó mediante un dibujo, y en su mayoría versan sobre construir parques ecológicos para la conservación de la vida silvestre, tanto vegetal como animal, otros en la construcción de zonas turísticas ecológicas, construcción de presas y parques recreativos. Se hacen preguntas sobre la intervención de la mano del hombre en los ecosistemas, el beneficio para la sustentabilidad de las especies y para el cuidado del agua, los comentarios se llevan a cabo en el sentido de reflexionar lo que habían dibujado y todo aquello que habían elaborado contribuía a que el agua de aquel río era inminentemente perjudicado, de que las actividades humanas debían estar vigiladas y condenadas cuando se tratase de atentar contra la naturaleza.

## **2.8. Tensividad curricular.**

Más que ingresar en un análisis del currículo, comenzaré desarrollando su estructura que es la que gobierna sus procesos y agregarla al proceso curricular donde podrá ser abordada desde su análisis y su corroboración en la práctica.

El matemático René Thom 1997, en su trabajo Estabilidad estructural y morfogénesis nos muestra la posibilidad de abrir diversos campos interdisciplinarios a través de la sucesión de las formas, cualquiera que sea la naturaleza última de la realidad (suponiendo que esta expresión tenga un sentido), es innegable que nuestro universo no es un caos; en él discernimos seres, objetos, cosas que designamos con palabras. Esos seres o cosas son formas, estructuras dotadas de cierta estabilidad; ocupan cierta porción del espacio y duran cierto lapso; además, si bien un objeto dado puede ser percibido en aspectos muy diferentes, no vacilamos en reconocerlo como tal; el reconocimiento de un mismo ser en la infinita multiplicidad de sus aspectos plantea por sí mismo un problema [...] no podemos dejar de admitir que el espectáculo del universo es un movimiento incesante de nacimiento, de desarrollo, de destrucción de formas. El objeto de toda ciencia consiste en prever esta evolución de las formas y si es posible, explicarlas.

La estructura del currículo está conformada por las diversas manifestaciones que gravitan a su alrededor, pero en su temporalidad, estas van evolucionando y en nuestro contexto, al menos, la evolución de sus percepciones no tienen la garantía de fijación, debido a la rapidez en los que se mueve y se generan los conocimientos en la actualidad, por mencionar el currículo como sistema tecnológico de producción, su estructura estaba diseñada en el logro de comportamientos concretos en donde la enseñanza se encontraba acotada por el control riguroso de su aplicación, el profesor se convertía en un ejecutor de los contenidos, la ortodoxia científica positivista se convertía en tan solo una aspiración.

El mundo tecnológico circundante al currículo se mueve demasiado rápido incorporando a la estructura el tiempo como intensidad (el tempo), el tiempo como duración y la espacialidad, quedando incorporada la cuestión básica de la transformación, mediante una aproximación a la procesualidad y a la gradualidad del cambio. La velocidad con la que se mueven los contenidos en los espacios curriculares envejece tan rápido que los fenómenos sociales, económicos, tecnológicos y ambientales van desarrollando con mayor intensidad nuevos conceptos que escapan a la dinámica curricular.

El agua es un elemento que posibilita el refuerzo de la estructura curricular, sin inundarla se transforma en un potente instrumento capaz de transformar el proceso de la enseñanza, se convierte en una propuesta que explora lo que ocurre en el espacio externo de la vida escolar, el agua se convierte en el objeto de la ciencia, las transformaciones que en ella se generan, son causa de las incorporaciones de la no sustancia de lo educativo.

Desde esta óptica el currículo tiene movimiento y la velocidad se gradúa al ritmo de los nuevos conceptos ligados a las situaciones humanas particulares, a las sociedades, a las culturas y sus efectos locales y globales que producen y que se incorporan al uso corriente de los contenidos.

## **2.9. El currículo, sus transformaciones.**

Hablar del currículo nos traslada en forma automática a las representaciones tradicionales esquemáticas que nos presentaban durante mi trayecto como estudiante de la escuela normal elemental y como profesor con grupo de escuela primaria, una estructura completamente cerrada que no permitía la incorporación de nuevas formas de presentación de los contenidos. Se presentaba como una visión “estándar” de la que no se tenía ni la más remota idea de donde provenía, pero que se esquematizaba con la firme intención de que en los talleres donde se mostraba, se “apostara” a la comprensión generalizada del profesorado, pero sobre todo a las bondades que esta tenía para “el buen” desarrollo del proceso enseñanza – aprendizaje. Los modelos de representación que expresan



gráficamente algunas estructuras varían ampliamente dependiendo de los campos y las posibilidades de representación. Una forma canónica de estructura curricular, suele adquirir la forma de espacios con límites precisos, formas homogéneas distribuidas en dimensiones geométricas ordenadas, simétricas y análogas, con “pasillos” que delimitan cada subespacio de manera nítida, permitiéndole acumular autonomía y privacidad.

En términos comunicativos, se tiene la impresión de transmisiones de información sumamente eficientes, sin pérdida de contenido. Un proceso así representa más el modelo de la comunicación, diagrama 4. Como sabemos, las posibilidades de una comunicación social predominantemente eficiente son mínimas. Siempre matizada, por la tensividad estratégica, lo que encontramos es sobre todo una realidad curricular

Diagrama 4

#### DIAGRAMA CLASICO DE LA COMUNICACIÓN



La imperante necesidad de movilizar el currículo y que este interactúe con la atmósfera tecnológica que lo circunda requiere de la incorporación de estrategias que lo transformen en el diseño de procesos que lo hagan productivo y comprometido a garantizar su estabilidad como una instancia viva que diseña y recupera el contexto histórico (Khun, 1996:265) dentro del cual los experimentos imaginarios contribuyen a reformular o reajustar conceptos existentes, las prácticas, los objetos y discursos.

En la faceta del trabajo escolarizado cada docente marca sus límites mediante la comunicación semiodiscursiva identificándose con algún determinado modelo,

producto de su formación, que interioriza en su desarrollo profesional y procura estabilizarlo adaptándolo a las necesidades formales del currículo , es decir queda atrapado en los límites de la estructura , que le impone la dependencia interna y lo somete a las disposiciones metodológicas de otro modelo establecido (Planes y programas de estudio, evaluaciones, planeaciones, contenidos). Espinoza (2006), sostiene que los espacios se ocupan de modo diferente, girando en torno a líneas comunes – generalizaciones simbólicas, modelos, soluciones ejemplares por ejemplo – y puntos generales, la modelización no puede remarcarse sobre la base de un solo horizonte de sentido y de una sola presencia directriz.

El establecimiento de límites en cada uno de los diferentes universos semiodiscursivos tiene la característica de definir formas de acceso y de retorno, con la diferencia que establece la dureza o porosidad de estos límites, su capacidad o debilidad para hacer que funcionen como tales. Nos encontramos así con espacios más de-limitados y espacios menos de-limitados. Los más generales, los más extensos, abarcan y se superponen a otros de las mismas características, recibiendo también el mismo trabajo de invasión. En un primer nivel, esta posibilidad plástica y relacional se convierte en un factor importante en cualquier fenómeno de deformación de las estructuras.

El estado a través de sus instituciones, es la que dicta las directrices por las que transita el sistema educativo, la organización de la administración educativa está conformada de tal manera que se ahoga académicamente en si misma, los espacios están de-limitados a la concepción de normas administrativas que a la cesión de desarrollos en la búsqueda de saberes científicos, tecnológicos, antropológicos, históricos que se encuentran limitados. Esta fase estática corresponde a la actitud escéptica de la súper-estructura, en la práctica el currículo opera imaginariamente desde ese ámbito, el activismo que se inserta forzosamente en él lo deforma,

No se trata de inventar asignaturas nuevas, sino de ampliar y discutir otras posibilidades de conocimiento, no es que algún docente con la formación en leyes deba ser experto en agua, no es hacer interdisciplina unipersonal, Según

Meinardi, (2010) mirar múltiples variables que participan en la construcción de conocimiento, que le permitan ampliar su marco de análisis. Dentro de esas variables el agua promete un caudal de referencias que las distintas disciplinas del conocimiento pudieran aprovechar.

El agua como recurso natural es manipulada a conveniencia de los intereses que la controlan, donde la tecnología ha sido el medio más eficaz para su dominio en aras de satisfacer una necesidad básica. La veneración que se le profesaba se ha visto ofendida por el control y explotación ejercida sobre ella, so pretexto del discurso tecnológico de la modernización, expulsando todo saber tradicional de diversos grupos étnicos.

El deterioro ambiental que ha engendrado su desprecio tiene sus repercusiones en las relaciones del hombre con la naturaleza, importantísimas para concientizar en algún proceso de restauración de ella. Sin el aprovechamiento de los conocimientos tradicionales que, permean ideas de sustentabilidad, el camino de la recuperación de los recursos naturales y en especial del agua, será difícil de atravesar.

Por otro lado, los conocimientos modernos permanecen distantes a los saberes locales y escolares, en consecuencia se dificulta constituir una nueva racionalidad fundada en el poder de los saberes colectivos acerca de la naturaleza y los nichos tecnológicos.

La cultura escolar en la búsqueda de esos saberes deberá plantear la conformación de proyectos, partiendo de valores y saberes de su entorno social como un modo de reapropiación de su patrimonio natural.

Adueñarse de los espacios tecnológicos de su entorno, apunta a un abordaje crítico de las disciplinas curriculares, el conocimiento fragmentado, induce a la crisis, presentándose como un obstáculo para su desarrollo, comprensión y resolución de su problemática. La alternancia de las disciplinas, en el contexto

escolar tiene la misión de lograr la reunificación del conocimiento, transformándose en un lugar de articulación entre sociedad, naturaleza y escuela.

Al presentar en los espacios educativos nuevas tecnologías, estas impactan en el carácter totalizable del conocimiento, se anida y anima el deseo de saber, generando la inquietud por la producción de técnicas e indagaciones que hacen posible sortear la función docente. Se puede trasladar al currículo escolar el diálogo de los saberes, que vendría a ser un encuentro de identidades conformadas por racionalidades e imaginarios que configuran los referentes, los significados y los sentidos.

En el siguiente capítulo se aborda en específico, un proceso tecnológico que tiene las condiciones necesarias de aportar nuevas concepciones para la potenciación del conocimiento y factibles de interconectarse en las distintas disciplinas del currículo, provocar diversa sensaciones y desarrollar tecnologías de bajo impacto.

Se describen las operaciones tecnológicas de una planta purificadora, en la que veremos la forma de operar de diversas tecnologías en la limpieza del agua, rescatando las fases de purificación, en un intento de proponer una adopción tecnológica al ambiente escolar y como un espacio de análisis y crítica a los usos que en la actualidad ocurren con el agua.

## **CAPITULO III**

### **LAS FRONTERAS TECNOLOGICAS DEL AGUA**

#### **3.1. El sistema de tratamiento de agua y su contexto.**

En este apartado vincularemos las nuevas tendencias tecnológicas en purificación del agua tomando como base la planta purificadora de agua de nombre BIOLIGHT, en el interés de señalar que los cambios que en este terreno se suscitan son de utilidad en el espacio educativo. El currículo escolar presenta espacios propicios de ser ocupados por procesos tecnológicos, que sean adecuados a las condiciones formativas así como de infraestructura, la disposición del currículo “oficial”, limita maniobrar con los conocimientos que gravitan en el entorno institucional, no se pueden estar esquivándolos, el control que se ejerce para vigilar el desarrollo curricular limita esta acción.

Se presentan los espacios como una oportunidad de rescatar esos conocimientos esparcidos en la geografía que conforma el hábitat social, no es buscar paliativos, como pudiera entenderse, sino aquello que permita la incorporación de nuevos esquemas cognitivos incorporando factores formativos como el acompañamiento de las especialidades en la formación técnica y humanística, la genérica con la específica que facilite a docentes y alumnos conocer las tendencias que su mundo circundante le ofrece pero que no son atrapadas para su análisis y poder acceder de manera autónoma al conocimiento.

Por otro lado, la riqueza conceptual y tecnológica que emana de una planta purificadora, es sin duda una ocasión para poder llenar esos vacíos que comentábamos anteriormente, la dinámica interdisciplinaria alimenta la discusión humanística y tecnológica, el agua es un tema de actualidad que debemos reconocer en los espacios curriculares, el hecho de describir los procesos tecnológicos que al interior de esta planta se realizan fortalecen el conocimiento sobre su manejo cotidiano y proyectan los saberes que el currículo ha negado, la carga social, cultural, disciplinaria científica y tecnológica podemos debatirla

desde este espacio que vemos tan cotidianamente pero que queda indiferente ante la embestida de contenidos sin sentido que se reciclan amorfamente al interior de la estructura curricular.

La planta purificadora de agua Bio Light se encuentra ubicada en el domicilio de circuito Emiliano Zapata S/N de la colonia Ejidal el Pino, del Municipio de los Reyes La Paz, Estado de México. A manera de contexto histórico esta colonia tiene su origen en un conflicto surgido en los años 70 ejidatarios y autoridades del Estado de México siendo el gobernador en turno, Carlos Hank González, los ejidatarios de la localidad cerraron los pozos de agua que se habían perforado para llevarla al Distrito Federal y a la recientemente conformada Ciudad Nezahualcóyotl, por lo que, el gobernador, envía al Secretario de Gobierno, Licenciado Ignacio Pichardo Pagaza, a mediar en el conflicto, el gobierno propone a los inconformes la expropiación de un predio para lotificarlo y repartirlo entre los ejidatarios, a cambio de perforar dos pozos y la construcción de un tinaco elevado en el cerro de la caldera, a donde se bombearía y almacenaría el líquido para su distribución en la delegación Iztapalapa y la parte Oriental de Ciudad Nezahualcóyotl.

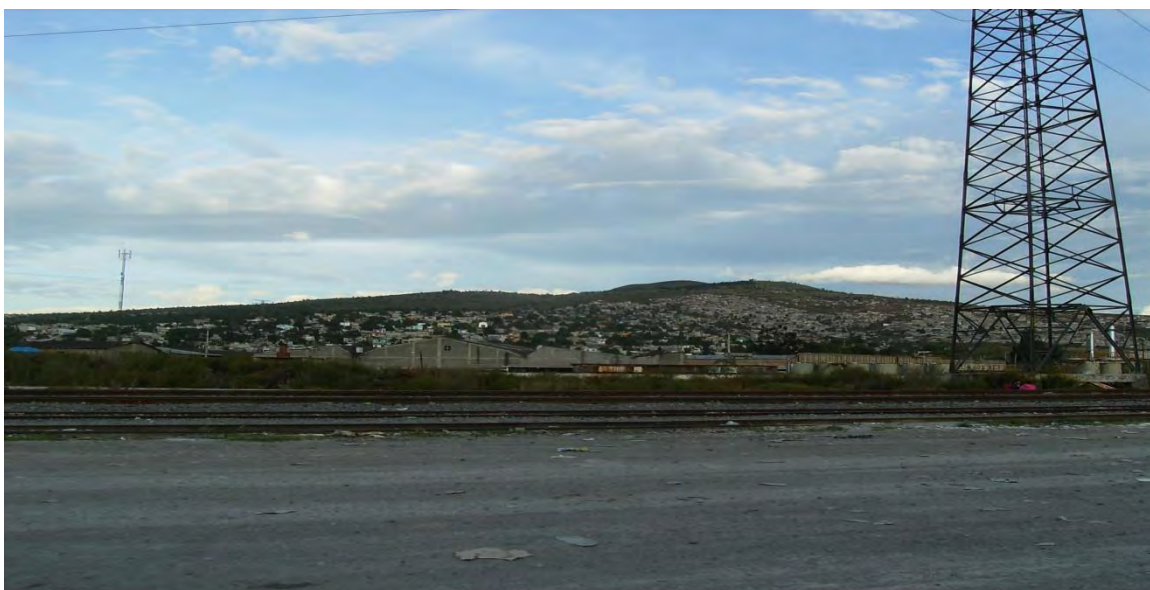


Foto 9. Vista de la colonia ejidal el pino y los asentamientos irregulares que se dieron en su periferia, alentados por políticos allegados a un partido político, sin mediar ningún estudio urbanístico y de impacto ambiental, lo único que interesaba era la promoción del voto corporativo con la promesa para le gente de regularizar los terrenos invadidos.

La expropiación se lleva a cabo en 1972 en el cerro denominado el Pino, con el paso de los años estos terrenos, que anteriormente representaban los escurrimientos pluviales que alimentaban los mantos acuíferos del Municipio de los Reyes la Paz, se vieron afectados por el tapón urbano que se fue introduciendo en su geografía y transformando su geología.



Foto 10. Los terrenos de la Colonia Ejidal el Pino se urbanizaron alterando los escurrimientos naturales hacia los mantos freáticos de esa localidad.

Los terrenos de captación de agua de lluvia se vieron afectados severamente a ser invadidos por la mancha urbana, sobre todo, en los predios conocidos como *San Antonio, la Máquina, la Zopilotea y el Arenal*. En el primero, los ejidatarios vendieron a particulares y estos a su vez lotificaron y negociaron con ellos, en la segunda la compañía de Luz y Fuerza del Centro instaló una subestación eléctrica, se construye el Instituto de Estudios Superiores de la Región Oriente del Estado de México, y los terrenos restantes en este predio se lotifican.



Foto 11. Vista de las vías del ferrocarril de la estación los Reyes, y la línea "A" de la estación del metro férreo La Paz - Pantitlán, ambos construidos en el predio denominado el arenal, y que en la actualidad ha representado un problema para la recarga de los mantos acuíferos del Municipio.

El predio de la Zopilotería es utilizado para construir condominios y a la vez, la desplazan geográficamente al municipio de Valle de Chalco, por último en el predio de el arenal se continúa la construcción del Canal de la Compañía, se culmina la ubicación de la estación los Reyes del ferrocarril México - Cuautla y se construye el paradero principal y de mantenimiento de la línea "A" del metro férreo Pantitlán la Paz.



Foto 12. Recorrido del Canal de la Compañía en su trayecto por los predios de la Zopilotería, el arenal, la máquina y San Antonio.



Sumado todo ello, el impacto ambiental es verdaderamente grave, las descargas que se vierten al canal de la compañía han afectado la calidad del agua, que antaño presumía ser una de las mejores de los municipios conurbados al distrito federal, los escurrimientos naturales del cerro se vieron afectados por la velocidad del crecimiento urbano mal planificado, en consecuencia se provocaron inundaciones severas en las colonias recientemente conformadas.



Foto 13. La construcción de la subestación eléctrica, y del canal de la compañía en estos predios, convirtieron en un páramo lo que antaño representaba, el modo de subsistencia para el campesinado del Municipio, que se sostenía mediante el sembradío de sus parcelas de agua de temporal.



Foto 14. Las descargas residuales de las diversas industrias ubicadas en estos predios han representado un verdadero peligro para la salud de sus habitantes la indiferencia y el olvido se ven manifiestos cuando se arrojan al canal, agua sin ningún tratamiento por parte de la industria, la que poco se ha comprometido para no contaminar el medio ambiente.

La precariedad de la condición metropolitana se liga en parte a dicha velocidad y a la deficiente infraestructura urbano – regional, que hace al crecimiento demográfico consistente y sistemático se le aúne una caída en la proporción de prestaciones de servicios urbanos (desde los servicios de red como el agua o los tratamientos cloacales, desde la calidad y cantidad de energía metabólica y extra-metabólica o el manejo de basuras hasta los vinculados a los equipamientos sanitarios, educativos o de seguridad , desde la precarización creciente de la inserción en los aparatos productivos a la marginalización social de integración en el consumo): crece así, una suerte de magma desestructurado, desplegado de manera informe – aunque no carente de racionalidad especulativa – sobre los territorios de la interface urbano/rural (Fernández, 2000:11).

El deterioro del suelo es una constante en estos predios, las descargas químicas de las industrias establecidas en ellas, como la exaquimia (elaboración de pesticidas e insecticidas), la papelera y sus grandes descargas de aguas residuales al canal de la compañía, la fábrica conocida como “la huesera” (se elabora de harina de hueso de pescado) la fábrica TRIBASA (empresa encargada de elaborar pavimento) y diversas fábricas de muebles que utilizan elementos tóxicos que vierten al aire y al suelo sin ningún tratamiento y vigilancia por parte de autoridades.

Las fábricas en aquella década se encontraban “alejadas” de los asentamientos poblacionales urbanos a la capital de la república, la proyección de industrialización del país se basaba en masificarlas a como diera lugar sin ninguna inspección ecológica de por medio, no existía una institución que regulara las emisiones de contaminantes al suelo y a la atmósfera, aunado a esto el municipio carecía de un sistema de drenaje que desalojara las aguas negras de los hogares, el sistema sanitario de heces fecales consistía en pozos que cada quien elaboraba artesanalmente y sin ningún apoyo técnico para su elaboración.

El crecimiento que produjo desde principios de los noventa, en el lugar denominado Valle de los Reyes, fue una extensión de la urbanización insostenible de Ciudad Nezahualcóyotl y sobre todo de la participación de líderes políticos

cobijados por la impunidad, un aspecto de tal metropolización débil es el derrame territorial de masas poblacionales muy imperfectamente abastecidas por infraestructuras de servicios y tensionadas mediante una continua expansión de los radios promedio de desplazamiento diario trabajo/residencia, hacia instalaciones cada vez más periféricas (Ibíd., 2000). La población de los Reyes la Paz fue transformando su fisonomía rural a la de una ciudad sin forma, en el que las construcciones de adobe, de calles estrechas desaparecían por las de muros de tabique y de concreto era un lugar con pastizales muy grandes donde se alimentaba el ganado, la gente podía caminar hacia la estación del ferrocarril, donde gente de a caballo y sombrero de charro veían llegar con incertidumbre el ocaso de su pueblo.

A partir del año 2000, los territorios metropolitanos del estado de México y de Hidalgo han experimentado notorias expansiones físicas de fraccionamientos habitacionales. Estas nuevas urbanizaciones podrían convertirse a mediano plazo, en un factor de riesgo hidráulico, debido fundamentalmente a la saturación de los conductos del drenaje de la ciudad; específicamente el gran canal del desagüe, a donde se canalizan sus aguas residuales y pluviales. Tal concentración de fraccionamientos localizados fundamentalmente en el arco poniente – norte – oriente de la urbe, fue resultado de las reformas de 1992 al artículo 27 constitucional, que incentivaron la venta legal de terrenos ejidales; así también producto de la promulgación del llamado, Bando 2 por el jefe de gobierno del Distrito Federal en el año 2001 (Legorreta, 2006:139) Por lo que uno de los municipios afectados con estas iniciativas fue precisamente el de Los Reyes, la construcción de la línea “A” Pantitlán la Paz, generó un desbordamiento masivo de población al Municipio ocasionando con ello que constructoras como FOVI, ARA, GEO, SARE adquirieran tierras ejidales y comunales para la construcción de viviendas.



Foto 15. El 12 de agosto de 1991 se inaugura la estación del metro la Paz construida en el predio del Arenal, al fondo se puede apreciar la colonia Ejidal el Pino y los asentamientos irregulares que se originaron en su entorno.

Estos nuevos asentamientos desalojan sus aguas residuales y pluviales al canal de la compañía y en consecuencia, saturarlo aún más esto nos lleva a deducir el gran problema que representa el agua para consumo humano, en la actualidad la gente opta por consumir la que está tratada en alguna planta purificadora, por considerar que la del grifo no reúne las condiciones para su consumo, prefiere gastar más dinero a tomar agua de la llave en muchas ocasiones nosotros (como personas relacionadas con el agua potable) hemos intentado explicar, a las partes interesadas, la complejidad que implica el suministro y distribución del agua hasta que llega a los grifos domésticos.

Desde luego sabemos que el proceso es complejo, pero, después de nuestra sorpresa inicial cuando los que nos escuchan se asombran de las complicaciones que suponen los procesos y procedimientos implicados (Spellman, 2004:12) en la gran mayoría de los pozos de distribución del agua presentan algunas complicaciones con los procedimientos de filtración que hacen que el agua se presente en los hogares de diferentes coloraciones y con partículas suspendidas visibles lo que ha causado que la gente desconfíe del líquido que les suministran.

En el presente es común observar en las calles de la gran mayoría de las ciudades de nuestro país, el surgimiento de plantas purificadoras que ofertan al público sus productos, con los logos de: estar libres de sales y de agentes patógenos, mostrando en sus envases las tecnologías que utilizan para la eliminación de contaminantes, y que para el grueso de la población les son desconocidas,

Gray (1994) argumenta que el público ha optado por consumir el agua embotellada aún sin conocimiento de su proceso, los medios de comunicación han jugado un papel preponderante para que el consumo se magnifique representando un gran negocio, beber agua embotellada para muchos representa estar tomando un producto que tendrá algún impacto en su salud, el aumento en el consumo de agua embotellada, por ejemplo, en el Reino Unido e Irlanda es fenomenal, con el mercado del Reino Unido valorado en más de 200 millones de libras anualmente. En 1991 se bebieron en el Reino Unido entre 200 y 250 millones de litros de agua embotellada y esto está aumentando en un 30 % cada año, en México el INEGI con datos estadísticos del 2003 nos ubica en el segundo lugar mundial en el consumo de agua embotellada mayor, incluso, que el consumo de refrescos.

La velocidad con la que se expande la mancha urbana es proporcional a la contaminación de los mantos acuíferos del municipio, la exagerada descarga de aguas residuales hacia el subsuelo, la incertidumbre del régimen pluvial a consecuencia del cambio climático, y que prácticamente “lava” e incorpora desechos químicos a los mantos freáticos, aunque el tema del trabajo no es propiamente la contaminación del agua, es necesario documentar este asunto en aras de poder *visualizarla* mediante el uso de tecnologías que denominaremos de “*bajo impacto*”, lo cual nos conducirá a reflexionar sobre su aprovechamiento, su despilfarro y su cuidado.

### 3.2. Procesos de purificación del agua.

El diagrama 5, presenta el proceso general de la aplicación de los diversos procesos y aplicaciones tecnológicas que la planta purificadora de agua *Bio Light* y el orden en el que presenta su proceso.

1.- Los círculos representan los tinacos de almacenamiento del agua denominada “*cruda*” que es el agua que recorre las tuberías y alimenta la toma domiciliaria.

1.1.- Se llevan a cabo dos procesos al mismo tiempo con el agua de los tinacos de almacenamiento:

a) una bomba hidroneumática, que lanza agua a presión, circula el líquido hacia la máquina lavadora de garrafrones para su limpieza.

b) Otra bomba hidroneumática de 1.5 hp alimenta de agua a los cilindros que contienen los filtros multimedia.

2.- El rectángulo en amarillo que representa los filtros multimedia, es el siguiente paso del proceso, su función radica en la eliminación de sedimentos.

3.-Una vez que el agua ha circulado por los filtros multimedia y mediante el agua se trasladada al rectángulo color café, en este caso a los filtros de carbón que se encargan de quitar el sabor y olor desagradable del producto.

4.-El siguiente paso es circular el agua, hacia los depósitos de intercambio iónico reducir la dureza del agua mediante la aplicación de sales.

5.-Nuevamente se hace circular el agua hacia las membranas de osmosis inversa, las cuales tienen la tarea de contener los contaminantes químicos y orgánicos de residuos peligrosos a una escala Nanométrica.

6.- El agua que sale de estas membranas se envía a un filtro que detiene sedimentos, aunque no es necesario por todo el proceso que se ha aplicado, es por si algún sedimento haya quedado atrapado en la tubería.

7.-Aunque el proceso tecnológico de osmosis inversa garantiza una pureza del producto, es factible que en su recorrido por los conductos siguientes se lleguen a incorporar microorganismos, por lo que el paso siguiente es enviar el agua a ser sometida a un tratamiento de luz ultravioleta para eliminarlos.

8.-Una vez que se aplicó la luz ultravioleta, el agua es depositada en dos tinacos de 5000 litros cada uno para llevar a cabo, y por medio de un proceso de

recirculación, la inyección de ozono para eliminar las bacterias restantes del anterior proceso mediante inyección de ozono.

9.- Del tratamiento con ozono se procede al llenado de los garrafones, los cuales ya han sido lavados con un detergente especial.

10.- Llenado el garrafón se procede a sellarlos colocándoles un tapón que se lava previamente y mediante etiquetas con identificadores de la planta se cierran herméticamente mediante la aplicación de calor.

11.- Sellados se procede a almacenar el producto para su venta y distribución.

12.- Con el agua purificada del último proceso se lavan las botellas de 600 ml, agregando el jabón especial con el que se limpiaron los garrafones.

13.- Se llenan las botellas de 600 ml en una máquina diseñada para ello.

14.- Se sellan con un tapón de plástico sin el sello de identificación ya que la botella tiene los datos de la planta purificadora.

15.- Por último las botellas se conducen a una máquina empaquetadora que las envuelve con plástico de acuerdo al número de botellas que se pretendan poner a la venta, es decir su presentación en 6, 8, 12, y 24 botellas.

**DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PLANTA PURIFICADORA BIO-LIGHT**  
**Envasado en: Circuito Emiliano Zapata s/n colonia ejidal el Pino.**  
**Municipio: Los Reyes la Paz Estado de México.**  
**RFC. OIRD650210.**  
**CONTROL. 29869 SSA ISEM**

Diagrama 5

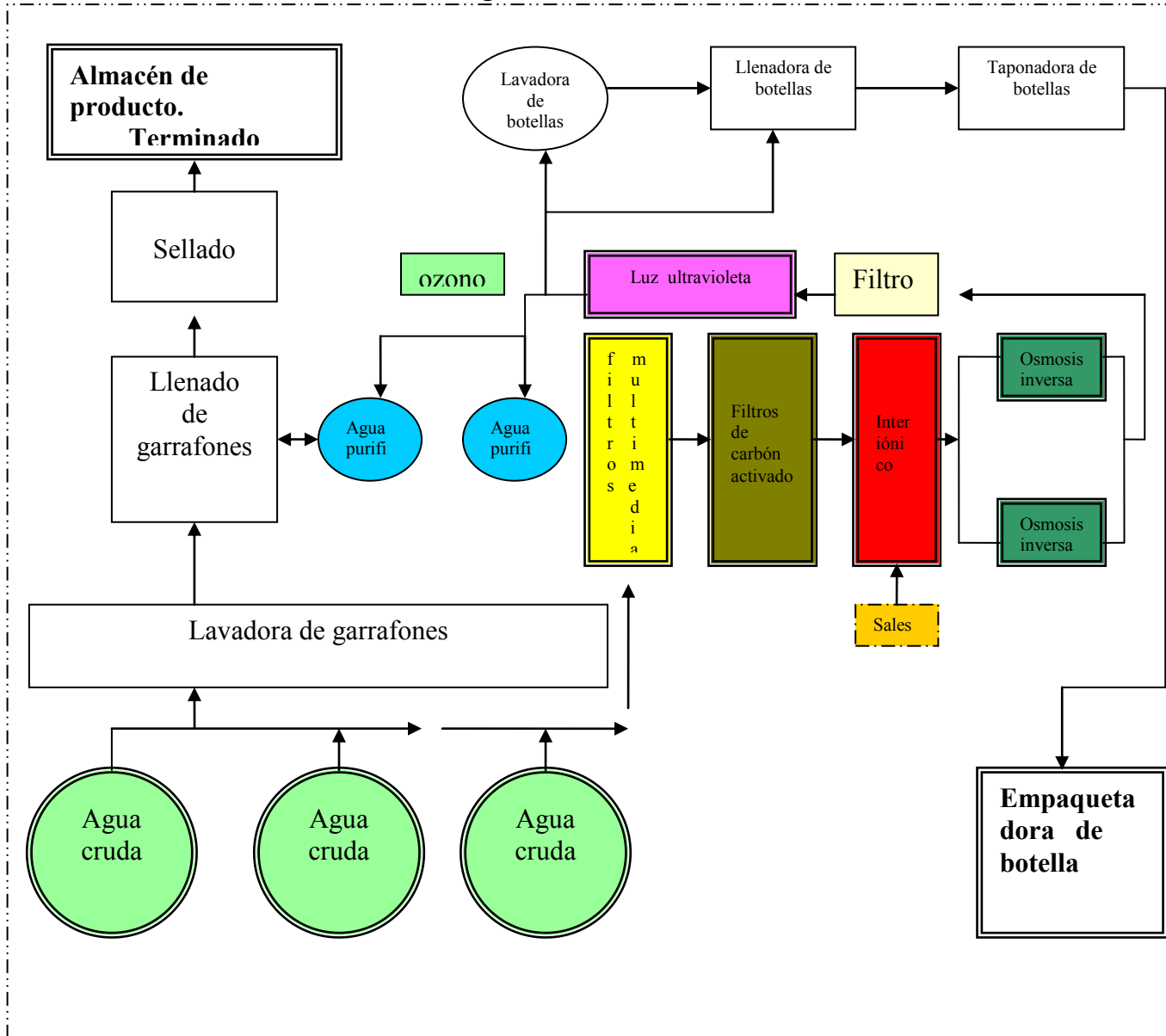


Diagrama de bloques de la planta Bio light en la que se muestran el proceso tecnológico que se aplica al agua para su purificación su venta y distribución, el orden que se presenta es el mismo que se desarrolla en este trabajo.



### 3.3. Fases preliminares.

El agua de la que se provee la planta purificadora es tomada de la red hidráulica local, siendo el desbaste el primer paso importante en el tratamiento del agua que contiene sólidos o algunos sedimentos gruesos, es un proceso en el que se eliminan estos sólidos suspendidos, son separados del agua antes de entrar a los tinacos de almacenamiento del agua cruda. Como se muestra en la fotografía 16, una bomba aspensor conectado a la toma hidráulica “succiona” haciéndola pasar por un filtro colocado entre la toma y la bomba, con la intención de detener sedimentos sólidos antes de introducirla a los tinacos, así mismo se aprecia que al inicio del proceso de purificación, la instalación hidráulica está trazada con tubería “pvc” que garantiza menor adherencia de contaminantes orgánicos en sus paredes.



Foto 16. Una bomba hidroneumática de la marca Aermotor con potencia de 1.5 hp y de fabricación estadounidense prácticamente “jala” el agua de la toma municipal conectada a la planta purificadora para llenar con mayor rapidez los tinacos de almacenamiento de esta planta, nótese, también, el filtro ubicado entre la toma y la bomba.

El operador de esta planta comenta la importancia de quitar estos sólidos no solo por que incorporan bacterias al líquido, sino también porque pueden dañar los equipos y dificultar su procesamiento aumentando las necesidades de productos químicos e impidiendo el flujo adecuado de agua en las tuberías. Para ello se

utilizan rejillas de plástico que son colocadas en la toma hidráulica que conecta la tubería de la fuente de agua con el tubo de los tinacos de almacenamiento.

### **3.4. Los tinacos de almacenamiento.**

En ellos se almacena el agua que está destinada para su tratamiento, estos tinacos tienen la característica de ser elaborados con material plástico, los cuales son más fáciles de lavar fabricados de un material semi transparente, que permite observar su contenido, están fuertemente sellados para evitar su evaporación y la entrada de gérmenes y bacterias que permanecen suspendidas en el medio ambiente como lo muestra la fotografía 17.



Foto 17. Tinacos de almacenamiento de agua cruda de la planta purificadora *Bio Light*

### **3.5. La cloración.**

El cloro se agrega antes de iniciar el proceso de la filtración para evitar la proliferación de algas e imposibilitar el aumento y desarrollo de las bacterias dentro de los instrumentos que llevan a cabo el proceso de filtración del agua.

Una vez que se llenan los tinacos, se le introducen pastillas de cloro denominado

“alimenticio” que al añadirlo con el agua se mezcla con los compuestos orgánicos que contiene eliminándolos, es un germicida verdaderamente poderoso, el cloro se adquiere en comercios dedicados a la venta de compuestos químicos en este caso la fotografía 18 muestra la presentación envasada en material plástico resistente, la marca *oxidixer* es la que utiliza comúnmente esta empresa por presentar patrones de calidad certificada de ISO 9002, este químico es elaborado en los Estados Unidos de Norteamérica, su manejo se lleva a cabo mediante una mascarilla protectora, pues la alta concentración de su aroma es muy penetrante para el olfato.



Foto 18. Cloro alimenticio requiere de un manejo adecuado por las propiedades químicas que desarrolla al contacto con la piel y con el agua, altas concentraciones pueden dañar incluso las tuberías hidráulicas de la planta.

El cloro alimenticio actúa como un desinfectante, tanto de las paredes de los depósitos de agua cruda, de las tuberías y del agua misma.

La efectividad de la cloración está directamente relacionada con el tiempo de contacto y con la concentración de cloro libre. Spellman refiere que a concentraciones más bajas de cloro, hay que aumentar el tiempo de contacto. Manteniendo un pH entre 7.2 y 7.6 b, también se incrementa la efectividad de la desinfección. Cuanta más alta es la temperatura, más rápida es la velocidad de la desinfección. El cloro (y cualquier otro desinfectante es efectivo solo si entra en contacto con los organismos que hay que matar. No se produce un buen contacto entre el cloro y los microorganismos si la turbidez es elevada.

El agua utilizada en la planta Bio light se maneja a temperatura normal 14 grados centígrados, la cantidad de pastillas es de una por cada 5000 litros de agua y el tiempo de disolución es de 24 horas, el cloro alimenticio entra en contacto inmediatamente con los microorganismos para su eliminación.

El agua que surte el municipio a la toma domiciliaria tiene conexión con tuberías que no se les da mantenimiento por lo que existe acumulación de residuos orgánicos en las paredes de las tuberías, que originan la reproducción de bacterias nocivas para el hombre, de ahí la necesidad de someterla a un proceso de cloración.

### **3.6. La aplicación tecnológica en el proceso de purificación del agua.**

El montaje de la planta purificadora de agua Bio light se realizó de tal forma que las fases de circulación cumplieran una función de importancia, que consistía en ofrecer al público consumidor un producto de buena calidad, es decir, agua embotellada con un mínimo de sales y de microorganismos que fuese capaz, según su dueño, de poder competir en el mercado, que ha sido apoderado por grandes compañías como Elektropura, Coca cola y otras marcas de menor tamaño comercial, para ello el diagrama de bloques presentado anteriormente fue pensado de manera tal que los distintos dispositivos tecnológicos de limpieza del agua rindieran a su máxima capacidad, esto tiene que ver con fundamentos de hidráulica que no abordaré, pero que sin embargo dejan una vía abierta para su discusión académica en los vacíos curriculares que he mencionado.

La descripción de estos procesos tendrá un carácter técnico, es decir, referiré estos procesos explicando sus componentes, con la intención de conocer las aplicaciones tecnológicas que se utilizan en un recurso, como el agua, y que por ser de una connotación que va más allá de lo social, en nuestro tiempo se ha colocado en el centro de la discusión mundial.

En el terreno educativo, la velocidad con que los aspectos tecnológicos se van presentado en diversos campos del conocimiento, parecieran ser exclusivos de los que regulan y aplican dichos campos, en otras palabras, el derecho que tiene el individuo por el conocimiento se ve afectado por esa tendencia global y económica, nos guste o no ya no somos lo que éramos, y ya no seremos lo que somos ahora, las características de la modernidad actual no son las de ayer ni las de mañana, en eso consiste la modernidad. Los problemas de la sociedad contemporánea no son problemas ligados al mantenimiento de una herencia, ya sea en el terreno de la educación o en otro lado. Mucho más importante es la constante creación de alteridades.

### **3.7. El tablero de control.**

La planta purificadora *Bio light* tiene automatizados los procesos que regulan cada uno de los aspectos tecnológicos, que más adelante se describirán, el tablero cuenta con swich de encendido y apagado general ubicado del lado izquierdo del equipo de purificación, fotografía 19, los swichs que lo integran anuncian qué sistemas se encuentran en funcionamiento y los que se encuentran apagados, un voltímetro que indica la calidad y cantidad de voltaje que se suministra a la planta, un medidor TDS o ppm (partículas por millón) que mide cada tres segundos la calidad del agua, cuando rebasa el parámetro predeterminado (0 a 199.0 ppm) se enciende una alarma auditiva avisando que el agua se encuentra fuera del parámetro programado.



Foto 19. Tablero de control de la planta purificadora Bio light e la que se pueden observar los diferentes dispositivos que indican el buen funcionamiento de cada uno de los aspectos tecnológicos que se aplican al proceso de purificación del agua.

### 3.8. Filtro multimedia.

Se utiliza para quitar grumos de sedimentos que se forman en el agua y partículas sólidas que se encuentran en el líquido, el filtro multimedia se encuentra dentro de un tanque cerrado de fibra de vidrio, como se muestra en la fotografía (20), contiene tres tipos de arena de mar de distintos espesores su función radica en eliminar y retener sustancias o sólidos en suspensión, principalmente tierra o grumos que contiene el agua.

Las arenas de mar (arenas sílices) más gruesas están depositadas en la parte baja del tanque, las medianas en la parte media y las más finas en la parte alta, el funcionamiento de este tanque se realiza de manera manual el operador lleva a cabo este procedimiento cuando culmina su jornada de trabajo, el retro lavado consiste en hacer pasar el agua en sentido inverso a la circulación regular de la corriente de purificación, el agua, producto del retro lavado es depositada directamente al drenaje, su operación dura aproximadamente 5 minutos.

Su mantenimiento consiste en introducir, cada tres años, arenas nuevas, el tipo de arena que se colocan en el interior del tanque son del tipo *Garnet*, las cuales

son arenas de importación fabricadas en los EE.UU., la arena se distribuye en un 70 % al interior del depósito y se deja libre el 30% con una tercera parte de cada tipo de arena (descrito anteriormente).



Foto 20. El filtro multimedia es conocido, también, como filtro de presión en cuyo interior el agua fluye a través de capas de arena, no utiliza la fuerza de la gravedad, el agua se bombea a presión sobre la capa granular.

### **3.9. Carbón activado.**

La función del carbón activado es la de eliminar los contaminantes orgánicos del agua en descomposición, productos químicos orgánicos como los hidrocarburos clorados, pesticidas, disolventes industriales, insecticidas, pesticidas, herbicidas y derivados del petróleo

El mal sabor y el mal olor originados por estos contaminantes son el resultado de este procedimiento, la materia orgánica en descomposición y los metales, se eliminan, con la utilización de un cartucho hueco relleno de carbón activo granular.

El carbón se activa con el yodo, el filtro de carbón activo más utilizado por esta purificadora es el carbón vegetal granulado (granumétrico), debido a que este contiene una gran cantidad de micro poros con una alta capacidad de absorción a los contaminantes derivados del petróleo, los plaguicidas y los herbicidas.

El mantenimiento de este filtro se lleva a cabo mediante un retro lavado, en un periodo de tiempo de 5 minutos, el agua sucia se deposita directamente al drenaje de la planta, para cambiar el carbón activado, el encargado monitorea el agua con tiras de chequeo de cloro, si el resultado es cero, es que está trabajando normalmente, pero si existe marcación de cloro es posible que el carbón activado esté saturado y deberá cambiarse.



Foto 21. Cilindro metálico que contiene el carbón activo elimina el olor a huevo podrido, el sabor metálico, el sabor ligeramente salado y el sabor a cloro, el olor a pescado y el olor a aceite.

El carbón activado tiene una atracción particularmente intensa por las moléculas orgánicas tales como los disolventes aromáticos benceno, tolueno, nitrobenzeno; los bifenoles poli clorados, los cloro bencenos, el cloro naftaleno, el fenol y los cloro fenoles, los acenaftenos y benzopirenos, poli nucleares aromáticos, pesticidas y herbicidas, cloruros alifáticos como el tetra cloruro de carbono, los éteres cloro alquilos; los hidrocarburos de alto peso molecular como algunos tintes y las gasolinas (Spellman, 2004:229)

Estas sustancias producen olor, que también es eliminado mediante este procedimiento. Su funcionamiento se lleva a cabo con la presión normal de la bomba hidroneumática, un filtro de carbón activo no es posible decir cuando necesita reemplazarse. Su vida útil depende de la concentración de la materia



orgánica y el cloro residual en el agua, en esta planta purificadora se monitorea el agua en el carbón activo dos veces por año.

### 3.10. Intercambio iónico, el agente suavizador del agua.

Este equipo se encuentra compuesto por dos tinacos uno largo fotografía 22 y uno corto que contiene sal de mar, fotografía 23, este equipo se utiliza para eliminar el calcio y el magnesio del agua contiene una resina en su interior que le permite reemplazar iones indeseables<sup>7</sup> que son reemplazados por otros menos dañinos para el organismo humano, este proceso intercambia iones de calcio<sup>8</sup> y de magnesio<sup>9</sup> por iones de sodio<sup>10</sup>, por consecuencia reduce la dureza del agua y evita que se sature la membrana de osmosis inversa.



Foto 22. Tinaco suavizador de intercambio iónico

La resina que se encuentra en el interior del cilindro, se regenera mediante la administración de sales, en este caso se le agrega una sal de la marca *Morton*

---

<sup>7</sup> De acuerdo a los parámetros permitidos por la CE (comunidad europea) las sustancias indeseables son el cobre, cobalto, Cinc, aluminio, estroncio, litio, bario, yodo, bromo, sulfuro, molibdeno, plata.

<sup>8</sup> El parámetro permitido en aguas embotelladas debe contener alrededor de 100 – 120 mg/l de calcio (Ca), además, este interviene en la dureza del agua.

<sup>9</sup> El magnesio (Mg) es el elemento directamente responsable de la dureza del agua, los niveles permitidos deben ser por debajo de los 100 mg/l.

<sup>10</sup> en el organismo humano el sodio tiene tres funciones a) regular el contenido de agua tanto del espacio intracelular como la del extracelular b) regula la presión osmótica en ambos compartimentos c) balance electrolítico.

elaborada en los EE.UU., al 95 % de pureza, que le permite un ahorro en el desgaste de la resina contenida en el cilindro las cuales no se requieren cambiar frecuentemente, las sales conforme se van diluyendo se le va agregando, el equipo suavizador de agua de la planta *Bio light* tiene integrada una válvula para realizar las funciones de suavizado, purga, carga de salmuera, retro lavado.



Foto 23. Dos aspectos del intercambio iónico, en el primero se introducen en el tinaco corto, con agua, el cartucho de intercambio, una vez colocado se le agregan las sales, cubriendo la base del fondo del contenedor con ellas,

El aspecto negativo del cambio iónico es que, aunque el proceso ablanda el agua eliminando toda o casi toda la dureza, añade sodio al agua y el agua puede volverse corrosiva como consecuencia de ello (Spellman, 2004:229).

El intercambio iónico no quita las bacterias, virus, sedimentos, olor, sabor y otros organismos, pero aumenta el sodio que es la base para que se lleve a cabo este intercambio.

### **3.11. Osmosis inversa, filtración por membranas semipermeables**

La osmosis inversa consiste en la separación de componentes orgánicos e inorgánicos que existen en el agua mediante una presión que se ejerce sobre una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución, en donde la fuerza ejercida por la presión, mediante una bomba hidroneumática, obliga al agua a atravesar la membrana dejando atrás los sólidos disueltos, teniendo como resultado el flujo de agua pura, es decir, libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias.

La membrana de osmosis inversa es una película de acetato de celulosa parecido al celofán, estas membranas pueden ser formuladas para dar grados variantes de rechazo<sup>11</sup> a las sales, el material filtrante de la membrana tiene una infinidad de poros submicroscópicos en su superficie, siendo el tamaño del poro de 0.0005 a 0.002 micrones, la membrana está contenida en un soporte demasiado fuerte, es este caso la membrana está colocada en una pieza tubular como se muestra en la fotografía 21.

Las membranas semipermeables del proceso de osmosis inversa detienen, también, sustancias disueltas como el manganeso que al ejercer presión mediante una bomba hidroneumática, el agua pasa a través de ella, quedando atrapados los materiales disueltos y pesticidas en dichas membranas, asegurando que exista un gradiente constante de concentración con el líquido que pasa a través de la membrana desde el lado concentrado, es decir los contaminantes concentrados que no deja pasar la membrana, se le denomina agua residual, los cuales son desechados directamente al drenaje.

La eliminación de materiales disueltos en este proceso fluctúa entre el 94 % y el 98 %, la membrana es de un material sumamente delicado por lo que las anteriores fases constituyen un apoyo en su vida útil.

---

<sup>11</sup>Rechazo se utiliza en estos términos para describir la repulsión de los iones por la membrana.



Foto 24. Tubos que contienen las membranas de osmosis inversa, las cuales no dejan pasar microorganismos ni metales pesados existentes en el agua debido al tamaño de los poros que la conforman.

La membrana de osmosis inversa elimina el aluminio, cobre, níquel cinc y plomo, compuestos orgánicos como el benceno, pesticidas, poli cloros, bifenoles y tri halometanos que son sustancias verdaderamente peligrosas para el organismo humano y que en su clasificación (García, 1992:197) se reportan como sustancias de desecho peligroso y como sustancia cancerígena.

En la osmosis inversa, el flujo de agua a través de la membrana semipermeable se invierte por la aplicación de una presión externa que compensa la presión hidrostática. El resultado es que toda la concentración de minerales se tiene en un lado de la membrana y agua pura en el otro lado. La osmosis inversa puede eliminar del agua una amplia variedad de contaminantes de la estética y de la salud (Spellman, 2004:242 y 243)

Gray muestra en la tabla 1 el porcentaje de eliminación de productos químicos contenidos en el agua utilizando el proceso de osmosis inversa, elaborada por la compañía inglesa Bruner Corporation.

Tabla 1. Porcentajes de eliminación de sólidos disueltos en el agua por medio del tratamiento de osmosis inversa según Bruner Corporation

Producto químico	Símbolo	Eliminación (%)
sodio	Na	87 - 93
calcio	Ca	94 - 97
magnesio	Mg	96 - 98
potasio	K	87 - 94
hierro	Fe	95 - 98
manganeso	Mn	95 - 98
aluminio	Al	98 - 99
amonio	Nh	86 - 92
cobre	Cu	98 - 99
níquel	Ni	98 - 99
cinc	Zn	98 - 99
estroncio	Sr	96 - 98
cadmio	Cd	96 - 98
plata	Ag	93 - 96
mercurio	Hg	96 - 98
bario	Ba	96 - 98
cromo	Cr	96 - 98
plomo	Pb	96 - 98
cloruro	Cl	87 - 93
bicarbonato	Hco3	90 - 95
Nitrato	No3	60 - 75
fluoruro	F	87 - 93
silicato	Sio3	85 - 90
fosfato	Po3	98 - 99
cromato	Cro4	86 - 92
cianuro	Cn4	86 - 92
sulfito	So2	96 - 98
tiosulfato	S2o3	98 - 99
ferrocianuro	Fe(cn)6	98 - 99
bromuro	Br	87 - 93
borato	B4o2	30 - 50
sulfato	So4	98 - 99
arsénico	As	94 - 96
selenio	Se2	94 - 96

También elimina el 85 – 90 % de todos los orgánicos, como pesticidas, herbicidas y bencenos

### 3.12. Luz ultravioleta (UV), la radiación electromagnética.

Spellman la define como una radiación electromagnética más allá del color morado en el espectro de la luz, fuera del intervalo visible de la luz, el nivel de energía que emite es mayor que la luz visible y en grandes cantidades inactiva virus y bacterias, la luz ultravioleta anula la capacidad de un microorganismo para reproducirse y sobrevivir tanto tiempo como la radiación está en contacto con ellos sin que la turbidez pueda bloquear esta radiación.

El uso de la luz ultravioleta implica la no utilización de productos químicos, este tipo de energía es generada por medio de la utilización de lámparas de mercurio de baja presión sumergidas en el agua, está constituida por un vidrio purificado llamado vidrio de cuarzo, el cual trasmite el 90 % de la luz ultravioleta que produce la lámpara.

La luz ultravioleta elimina muy rápidamente las bacterias, sin alterar su olor, sabor, el pH, la conductividad ni la química del agua pero si esta contiene partículas en suspensión se impide el paso de la luz y algunos microorganismos pasarán sin ser alcanzados por la radiación, el departamento de Salud Pública de EE.UU. requiere que la desinfección mediante equipos de luz ultravioleta tenga una dosis mínima de 16,000 Mws/cm<sup>2</sup> (microwatts segundo por centímetro cuadrado)<sup>12</sup>

El operador de la planta *Bio light* describe las características de este equipo diciendo que se adquirieron lámparas de UV, de la marca *TROYANUVMAX*, fabricadas en EE.UU. tienen un control semicomputarizado que indica si el equipo está trabajando adecuadamente, en caso contrario se acciona una alarma auditiva para advertir de una falla, el sistema posee un indicador de tiempo, fotografía (25), que permite observar los meses transcurridos de utilización de las lámparas, su periodo de duración es de 13 meses, el equipo se encuentra

---

<sup>12</sup> En México no se tiene una reglamentación en cuanto a las cantidades de luz ultravioleta necesarias para la operación de una planta de purificación del agua, esta información se recabo a través de la empresa instapura la que se encuentra instalada en Cuernavaca Morelos, México y se encarga de vender equipos para tratamiento de agua.

diseñado para soportar cambios de voltaje que pudieran perjudicar su funcionamiento, la lámpara permanece encendida las 24 horas los 365 días del año, ya que si es prendida y apagada disminuye su vida útil existiendo la posibilidad de exponer, toda la planta a ser contaminación, esto por la capacidad de desplazamiento de las bacterias a través del agua.



Foto 25. En su recorrido de purificación el agua es irradiada por la luz ultravioleta que elimina todo microorganismo que es alcanzado por este tipo de radiación y el equipo semicomputarizado se encarga de indicar el periodo de utilización en meses de la UV.

La intensidad de la luz ultravioleta baja con el tiempo, hasta que la lámpara resulta poco efectiva para matar gérmenes, por lo que se debe renovar cada 10 meses por una nueva, la unidad de luz ultravioleta está equipada con una celda fotoeléctrica que mide la cantidad de luz y cuando baja de intensidad se enciende una alarma.

En ocasiones el tubo de cuarzo de la lámpara llega a ensuciarse con incrustaciones de sales contenidas en el agua disminuyendo su transparencia, la limpieza del tubo se lleva a cabo con un detergente suave (líquido para ropa fina).

### 3.13. Ozonificación, la capacidad oxidante del O<sub>3</sub>.

En el último procedimiento comenta nuevamente el operador la ozonificación consiste en la inyección de ozono al agua que se va almacenando en los tinacos una vez que recibe el tratamiento de radiación ultravioleta es depositada en dos contenedores, estando ahí un generador de ozono, de la marca *Ozone ecológica equipments*, de fabricación estadounidense foto 26, procede a llevar a cabo una nueva desinfección, en esta ocasión, por medio de la inyección de ozono, en el apartado de aplicación tecnológica de la luz ultravioleta la destrucción de microorganismos en porcentaje corresponde al 99% (Lesur, 2004:46), por lo que esos remanentes que dejó pasar la UV, el ozono se encargará de eliminarlos.



Foto 26. El generador de ozono está compuesto por un tubo que produce el oxidante (O<sub>3</sub>) y un filtro de aire, el cual es colocado en un lugar alto que le permita atrapar el oxígeno del medio ambiente para procesarlo en un gas más pesado que el aire.

De acuerdo a la explicación del encargado de operar la planta, se tiene instalado un generador de ozono que atrapa oxígeno del medio ambiente mediante una bomba de succión para procesarlo en el O<sub>3</sub>, en la parte interna de este generador como se puede apreciar en la foto 27, la bomba de aire, y el generador cilíndrico de ozono.



El ozono ( $O_3$ ) en estado gaseoso a las temperaturas y presiones normales, es un poderoso desinfectante (desinfecta rompiendo las moléculas en el agua), Es inclusive más poderoso que el cloro contra algunos virus y quistes. Tiene otra ventaja, la de no dejar sabor ni olor, y no le afecta el pH o el contenido de amonio del agua. Cuando el ozono reacciona con los compuestos inorgánicos reducidos y con la materia orgánica añade un átomo de oxígeno en lugar de uno de cloro y el resultado es un compuesto aceptablemente ambiental. Pero como el ozono es inestable y no se puede almacenar, debe producirse **in situ**. Es un proceso más costoso que la cloración (Spellman, 2004:236 - 237).

El ozono es una variedad de oxígeno ( $O_2$ ) conteniendo dos átomos de hidrógeno mientras que el ozono tiene tres ( $O_3$ ) de color azul oscuro con un alto grado de inestabilidad, el efecto que tiene el ozono sobre el agua es de un promedio de 20 minutos, pasado ese tiempo se vuelve a degradar en oxígeno, pero que en ese lapso aniquila todo tipo de microorganismo que entre en contacto con él.

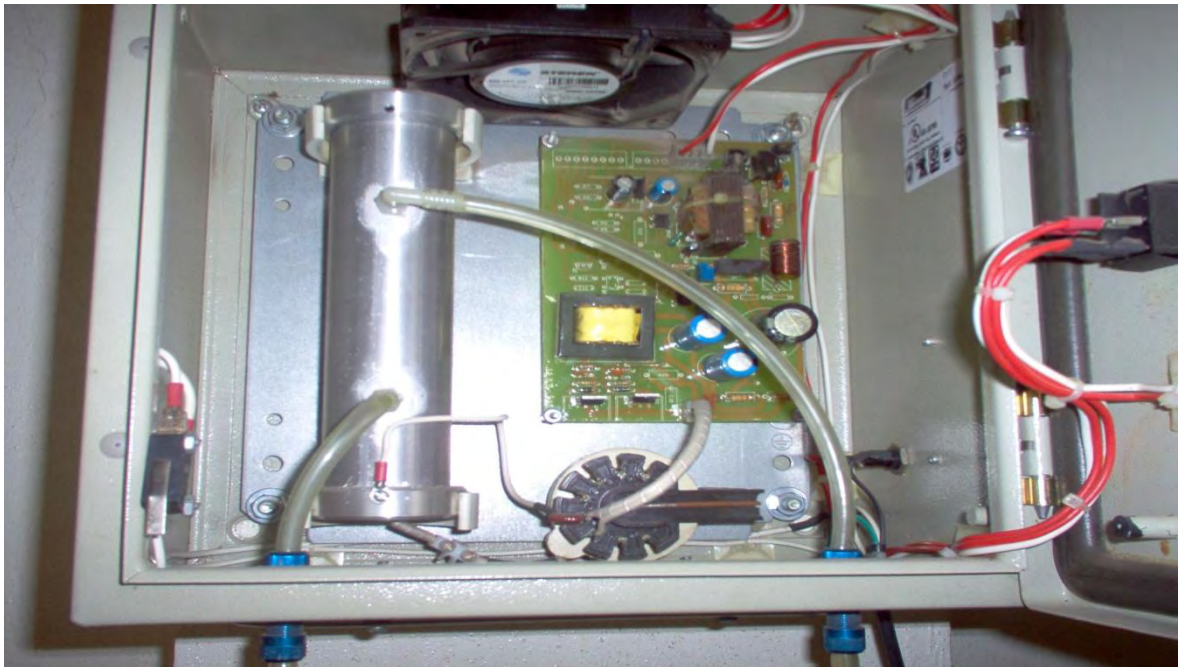


Foto 27. Vista interior del generador de ozono, nótese los dos tubos conectados al cilindro donde se procesa el oxígeno para convertirlo en  $O_3$ , el de la derecha atrapa el oxígeno del medio ambiente, mientras que el de la izquierda está conectado al *tubo de Venturi*.

La incorporación del ozono al agua se realiza mediante un instrumento denominado *tubo de Venturi* (fotografía 28), el cual se encuentra montado en la pared a una altura superior a los tinacos de almacenamiento del agua tratada, el *tubo de Venturi* se encuentra instalado entre el tanque de almacenamiento y la llenadora cuya función es el de originar una pérdida de presión en el agua, es un tubo corto recto entre dos tramos de tubería, la presión varía en la proximidad de la sección estrecha, así el tubo de Venturi inyecta el ozono al caudal de agua que pasa por la garganta del tubo.



Foto 28. Creado por el inventor italiano Giovanni Battista Venturi, el dispositivo actúa para incorporar el ozono en el agua a partir de una diferencia de presión entre el lugar donde entra la corriente y el punto de mínima sección del tubo.

El ozono actúa con mucha rapidez, lo que permite realizar el tratamiento en pocos segundos las bacterias *E-coli* son destruidas por concentraciones de ozono de un poco más de 0,1 mg/litro y una duración de contacto de 15 segundos a temperaturas de 25 °C y 30 °C. Estreptococos tecalis son destruidos más fácilmente, mientras que los virus denotan más resistencia que las bacterias, el tiempo máximo para su eliminación es de cuatro minutos.

La ozonificación elimina la turbidez, las partículas coloidales que la causan son mantenidas en suspensión por las cargas negativas que son neutralizados por el

ozono, destruyendo además los materiales coloidales por efecto de oxidación de materias orgánicas, esta oxidación produce la supresión de sabores y olores que el agua pudiera contener, pero introduciendo una mejora en la calidad y aspecto del agua haciéndola más adecuada para su consumo.



Foto 29. Imagen captada en la planta purificadora *Bio Light*, apréciase la ubicación del generador de ozono con el tubo de Venturi al fondo y la disposición del sistema de recirculación del O<sub>3</sub> al ser introducido a los tinacos que contienen el agua purificada.

En la fotografía 29 se observa la disposición de la tuberías que hacen posible el proceso de recirculación del ozono, el cual es inyectado desde la parte alta de los tinacos con agua purificada<sup>13</sup>, mediante el generador de ozono y el tubo de Venturi, el problema, es que el periodo de fijación del ozono es de 20 minutos, aproximados, y la penetración es de 10 cm. (Lesur, 2000:50), por lo que los tinacos deben estar adaptados a un proceso de recirculación, que es alimentado por una bomba que continuamente este circulando el agua para que el ozono logre penetrar en todo el tinaco.

El proceso de recirculación permite que las bacterias y virus que se estén reproduciendo estén siendo eliminadas por el ozono, estos microorganismos sobreviven en ausencia de oxígeno, es decir son anaeróbicos, por lo que al

<sup>13</sup> La norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994 define al agua purificada a aquella que ha sido sometida a tratamiento físicoquímico, apta para consumo humano.

contacto con este poderoso oxidante las revienta, eliminándolas al 100 % de la permanencia en el agua y otorgándole cuerpo y presentación agradable al paladar.

### **3.14. Limpieza y llenado de garrafones.**

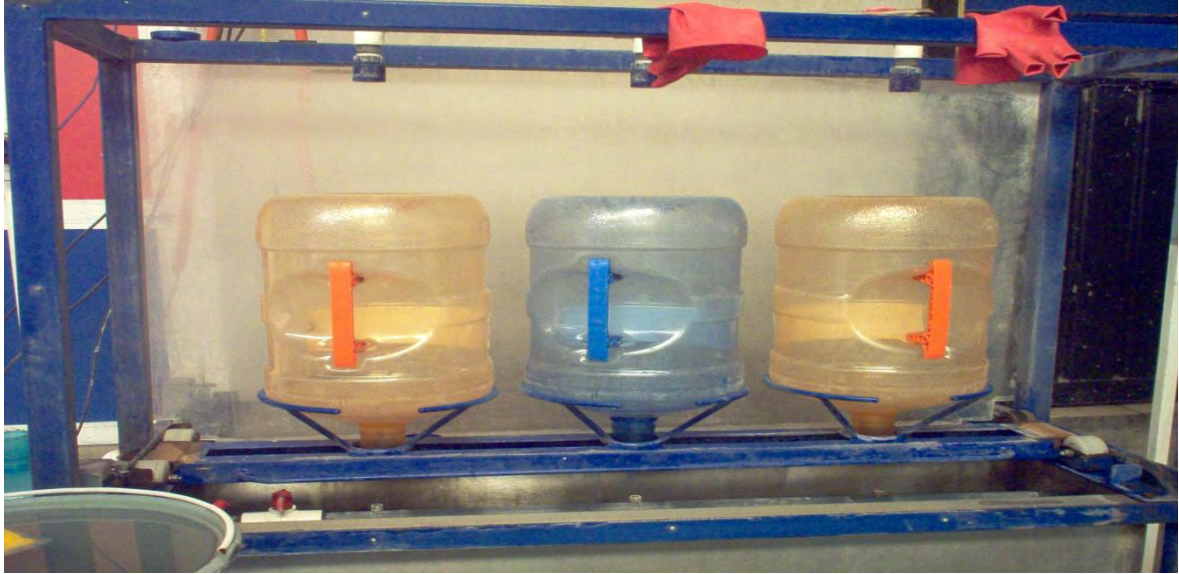
El lavado de los garrafones es un proceso de suma importancia ya que por ser depósitos expuestos a los múltiples usos que los consumidores utilizan, llegan a la planta demasiado contaminados, el propietario de la planta en sus propias palabras comentó que tuvo que indagar acerca de los limpiadores más efectivos ya que al utilizar un detergente común este se quedaba impregnado en las paredes del recipiente, el detergente casero no garantiza la limpieza y desinfección por lo que se requiere un producto más alcalino.

La planta utiliza para su limpieza un detergente de nombre *Viplax* que es un limpiador alcalino en polvo de baja espuma para el lavado interno de los garrafones, está compuesto por sulfatante aniónico lineal, suavizador de agua (fosfato y silicato de sodio), aditivo germicida, agente de limpieza y agente anti depositante y ubicado en un nivel 3 de riesgo para la salud, este detergente es fabricado por la industria IQUIMSA instalada en el municipio de Cuauhtitlán Izcalli, estado de México.

Como se muestra en la fotografía (30), los garrafones son empotrados en una máquina automatizada que está compuesta por tres recipientes donde se apoyan los recipientes y de ellos tres cañones que lanzan agua ,mezclada con el detergente, a presión al interior de ellos, inmediatamente se procede a lavar la parte externa de los recipientes sin desempotrarlos fotografía (31).

La máquina lavadora de garrafones, contiene un estanque con capacidad de 100 litros a la que se le agrega 1 kilogramo de *Viplax*, que es la cantidad de

detergente especificada en recipiente del producto<sup>14</sup>, su utilización es para aproximadamente 150 garrafones, o variando de acuerdo a la suciedad presentada en el depósito



Fotos 30 y 31 nos ilustra la posición que guardan los garrafones respecto a la maquina lavadora de estos depósitos, ellos descansan empotrados en tres bases donde una manguera arroja agua a presión para su lavado interno y un chorro de agua arrojado desde la parte superior de la lavadora para la limpieza externa.



<sup>14</sup> La impulsora química sanitaria, fabricante del detergente Viplax, es la que dirige estas recomendaciones, así mismo presenta una escala de riesgo para el manejo del producto, 4= severo 3= serio 2= moderado 1= ligero 0= mínimo.

Los tapones de los garrafones, son desinfectados con un detergente especial que esteriliza el tapón y un empaque de nombre *liner* que va insertado al interior de la tapa, el producto de limpieza lleva el nombre de *Diclorsan* que es una solución compuesta de agua, clorito de sodio, agentes anti depositantes y suavizador de agua, con un poder germicida moderado<sup>15</sup>, que es producido por la industria de solución en limpieza y sanitización IQUIMSA, ubicada en la zona industrial de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

El llenado con el agua purificada de los garrafones se lleva a cabo inmediatamente después del proceso de ozonificación y que corresponde al área de producción, como se la instalación posee la capacidad de llenar tres garrafones, mediante un proceso semi automatizado, el encargado de la planta llena los envases apoyado por una palanca que corta el suministro de agua cuando se requiere y en ese mismo espacio le coloca el tapón y el sello.

La secuencia fotográfica ilustra el envasado del agua purificada, como último proceso del área de producción de la planta, la medición de inicio en el llenado de agua a los estanques de almacenamiento de agua cruda fue de 334 ppm (partículas por millón) llevada a cabo por el operador de la planta y la medición última, realizada por el medidor de producción de la planta es de 14 ppm.



Foto 32. Llenado y sellado de garrafones.

<sup>15</sup> El diclorsan es una solución para uso en el área alimenticia, la información proporcionada por la industria “impulsora química sanitaria” productora de esta sustancia le asigna en la escala de riesgo 4 = severo 3 = serio 2 = moderado 1 = ligero 0 = mínimo.

El área de llenado de la planta purificadora de agua, es la parte final de todo el proceso tecnológico aplicado al agua y que observamos cómo el avance tecnológico está ligado a la problemática de degradación de los mantos acuíferos, en parte al crecimiento industrial y urbanístico desordenado que se encuentra en auge en el oriente del estado de México.

Los procesos tecnológicos aprovechados por la planta *Bio light*, ofrecen una diversa serie de elementos que permiten al consumidor contrastar con otros productos que le ofrecen en el mercado, el suministro de agua de buena calidad. Es el propósito de esta purificadora, más allá de las aportaciones al espacio de conocimiento tecnológico que pudiese contribuir, la comercialización del agua en la actualidad nace por la desconfianza que tiene el consumidor del líquido que los organismos municipales suministran a los hogares a través de las redes de agua potable doméstica.

El tratamiento para el consumo de agua en el oriente del estado de México, se lleva a cabo es por medio de la cloración dice el director general de OPDAPAS<sup>16</sup> del municipio de Chalco, y para la retención de partículas sedimentarias se utilizan redes colocadas a la entrada del tubo de aspersion en el pozo.

La incorporación de otro sistema tecnológico de purificación implica la erogación de un capital sumamente elevado, aunado a esto se agrega la escasa recaudación del pago para el suministro doméstico, por lo que las funciones de este organismo descentralizado se reducen a la vigilancia, reparación de fugas, el funcionamiento y mantenimiento de los pozos, las filtraciones constantes, son consecuencia de lo viejo y obsoleto de las redes hidráulicas, la mala calidad de las tuberías origina, también, la salida del líquido y en consecuencia su contaminación

Los métodos de tratamiento tecnológico del agua de la planta purificadora *Bio light* están regidos por la "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-160-SSA1-1995,

---

<sup>16</sup> En el Estado de México OPDAPAS se describe como Organismo público descentralizado de agua potable y saneamiento.

BIENES Y SERVICIOS. BUENAS PRACTICAS PARA LA PRODUCCION Y VENTA DE AGUA PURIFICADA” de la Secretaría de Salud, en la que observa las disposiciones sanitarias, las especificaciones sanitarias, el muestreo, los métodos de prueba, el envasado, la supervisión de la norma, las que han de acatar los productores y son las siguientes:

- 1.- Mantenimiento/desinfección de la cisterna.
- 2.- Mantenimiento/desinfección de la toma o la boquilla de llenado.
- 3.-Resultados de análisis del agua en la cisterna.
- 4.- Resultados de análisis del agua en la toma de salida.
- 5.- Mantenimiento de los sistemas de desinfección.
- 6.- Tipo de sustancia, fecha de aplicación y concentración de sustancias desinfectantes al agua almacenada (en su caso).

El punto de las especificaciones sanitarias, es el que nos interesa por su concordancia con los procesos tecnológicos descritos en esta planta, debiendo cumplir con las siguientes especificaciones:

a) Organolépticas y físicas. Olor inodoro, sabor insípido, 15 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto, turbiedad 5 unidades de UTN.

b) Fisicoquímicas. PH 6,5-8,5, alcalinidad total 300,00, aluminio0, 20, arsénico0, 05, bario 0,70, cadmio 0,0005, cobre 1,00, cromo 0,05, fierro 0,30, mercurio0, 0001, zinc 3,00, aldrín 0,03, clordano 0,30, DDT 1,00, hexaclorobenceno, heptacloro 0,03, vibrio cholerae negativo.

Gray (1999) elabora una tabla comparativa de los tratamientos tecnológicos para la purificación del agua, en la que se muestra la capacidad que cada procedimiento posee para la eliminación de los productos químicos y orgánicos, así se señala que el filtro multimedia es efectivo para la eliminación de quistes de protozoos, sedimentos y asbestos, el carbón activo muestra efectividad para algunos productos químicos y pesticidas no así para los sedimentos, la osmosis inversa es el método más eficaz para la eliminación de toda sustancia ya sea



química, orgánica o física, aunque para prolongar la vida útil de las membranas, la planta *Bio light* combina los tratamientos para que llegue lo menos posible una gran cantidad de materiales que pudieran saturar la membrana y disminuir su capacidad de filtración tabla 2.

El intercambio iónico denota una efectividad sobre todo en las sales, como se mencionó páginas más arriba, se puede constatar a través de la tabla, que este procedimiento no tiene ningún efecto sobre microorganismos y pesticidas, lo que se refiere a la destilación no se mencionará porque no se utiliza en la planta y además por ser un proceso demasiado lento, por último, la radiación ultravioleta tiene su accionar únicamente en microorganismos, no interviene en productos físicos y químicos.

Tabla 2. Métodos más efectivos de tratamiento del agua para la eliminación de productos químicos seleccionados y unos problemas físicos.

Problema material o sustancia	Filtro multimedia	Filtro de carbón activado	Osmosis inversa	Intercambio iónico	Destilación	Radiación ultravioleta
Sodio	-	-	++	++	++	-
Arsénico	-	-	++	++	++	-
Plomo	-	-	++	++	++	-
Cadmio	-	-	++	++	++	-
Potasio	-	-	++	++	++	-
Sulfato	-	-	++	++	++	-
Dureza (Ca)	-	-	++	++	++	-
Dureza (Mg)	-	-	++	++	++	-
Nitrato	-	-	++	++	++	-
Cloruro	-	-	++	++	++	-
Bacterias fecales	-	-	++	-	++	++
Virus	-	-	++	-	++	++
Quistes protozoos (*)	++	-	++	-	++	+
Orgánicos	-	++	++	-	+	-
THM, TCE	-	++	++	-	+	-
Dioxinas	-	+	++	-	+	-
Cloro	-	++	++	-	+	-
Pesticidas	-	++	++	-	++	-
Sedimentos	++	+/-	++	-	++	-
Sabor/olor	-	++	++	-	-	-
Asbestos (*)	++	-	++	-	++	-

Claves: (-) no efectivo; (+/-) alguna reducción; (+) reducción buena a moderada; (++) reducción excelente; (\*) requiere un filtro con un tamaño de poro de 1um para ser efectivo. THM = trihalometanos; TCE = tricloroetileno.

### **3.15. Medidas sanitarias generales.**

- a) Iluminación en toda la planta,
- b) Estructuras, paredes, techos y pisos adecuados para poder lavarlos con facilidad y que no absorban humedad ni agua para evitar la contaminación.
- c) Tuberías y conexiones en material de *pvc*, los cuales evitan la adherencia de microorganismos a las paredes de los ductos.
- d) Sanitarios para el uso exclusivo del personal que opera la planta.
- c) Señalización de los procesos y áreas de la planta.
- d) Trampas para los roedores.
- e) Los recipientes con productos químicos están identificados y fuera de las áreas de proceso.
- f) El personal utiliza bata, cubre bocas, cofia y guantes para el manejo de los equipos.

Estas medidas son de observancia general y son vigiladas periódicamente por el Instituto de Salud del Estado de México (ISEM).

Los procesos tecnológicos de purificación del agua, remiten a la promoción de la participación reflexiva de los estudiantes y docentes en su escuela y fuera de ella, el conocimiento de estas fases de limpieza resultan desconocidas para el grueso de los actores de la educación. La escuela pública no debe mantenerse al margen de los avances tecnológicos, de sus consecuencias e implicaciones sociales, debe proporcionar las facilidades para que sus integrantes interactúen en las dimensiones tecnológicas de vanguardia que rodean su entorno. La alfabetización tecnológica debe incorporarse como una acción prioritaria en los contenidos curriculares.

Los procesos tecnológicos descritos, de la planta purificadora hacen posible incorporar sus lenguajes tecnológicos a los contenidos, coadyuva en el intercambio de experiencias con las disciplinas curriculares, potenciando el papel formativo de la escuela. No se pretende asaltar el currículo con un tema transversal, lo que pretendo es generar una nueva concepción acerca de la

tecnología que se vea como un proceso que se construye con la riqueza de su entorno social.

La escuela tiene la oportunidad de sumar a sus contenidos propuestas que estén vinculadas a los temas hídricos, pues en ellas es donde se forma a la sociedad futura. Tendrá que penetrar al umbral tecnológico que le brindan lugares como lo son las plantas purificadoras y serán las diversas disciplinas las que se encargarán a la construcción de cuerpos coherentes de conocimiento, por medio de los modelos transversales que atraviesen la estructura curricular y que en el siguiente capítulo se propone.

## CAPITULO IV

### EL AGUA EN EL MODELO TRANSVERSAL

#### 4.1. La adopción tecnológica.

Con descripción de la planta purificadora *Bio light* en torno a los procesos tecnológicos utilizados para la purificación del agua, se intentó comprender y asimilar la aplicación tecnológica en un contexto hídrico, para llevarlo al terreno curricular, Josefina Vázquez Mota, Secretaria de Educación Pública (Marzo, 2007) durante el desarrollo del Primer foro Nacional “*Educación para la ciencia y la tecnología*”, en la Ciudad de Guanajuato manifiesta que los procesos tecnológicos que se están aplicando en la industria son completamente ajenos al espacio curricular de las escuelas, aunque, tratar de sobreponerse a un rezago en este asunto implicaría conformar una política de desarrollo tecnológico para lo cual se requeriría formar cuadros perfectamente capacitados para penetrar la estructura educativa que permitan favorecer el conocimiento de esta y posteriormente incorporarse al terreno del desarrollo tecnológico.

Las condiciones del sistema escolar, en la mayoría de los casos, no cumplen con las necesidades para el desarrollo de conocimientos tecnológicos, las agobian la falta de infraestructura, de profesores limitados en conocimientos científicos y tecnológicos, el acentuado activismo, el férreo control de los recursos, y en general un excesivo trabajo administrativo.

El objetivo a lograr en este capítulo es conseguir un punto de vista particular sobre la aplicación tecnológica, como un procesos de desarrollo de bajo impacto que sea susceptible de progresar en el currículo escolar mediante la adopción de técnicas que la industria utiliza para la purificación del agua, el desarrollo de prototipos tecnológicos, como los descritos en la planta *Bio Light*, en la escuela, será el inicio del diseño de artefactos, es decir, el conocimiento del alumno se encaminará hacia la generación de tecnologías que le permitan ampliar su rango de conocimiento, en consecuencia tener una visión transdisciplinaria y que le

permitan reflexionar las problemáticas hídricas de su comunidad a través de sus asignaturas (Piñeiro, 2005: 155).

La adopción tecnológica representa, entonces, para el currículo y la escuela, hacer suyos los procedimientos tecnológicos y la información científica que se desprenden de los medios técnicos que se describieron de la planta purificadora, así, el papel de la tecnología sería el de contribuir a la solución de un problema de actualidad (Lara, 1998:21). La escuela por consiguiente cuenta con la oportunidad de coadyuvar al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico, desde una aportación modesta, permitiendo ocupar espacios de interacción entre el sistema productivo y los referentes pedagógicos de las diferentes asignaturas de los programas de estudio.

La tecnología es entendida como el grupo de conocimientos que una sociedad emplea en torno a la existencia de una problemática para su solución, elaborando instrumentos para resolverla y en consecuencia transformar su realidad.

#### **4.2. El modelo transversal.**

La propuesta radica en utilizar este modelo para rescatar los conocimientos que utiliza, en este caso, una planta purificadora, explotar la riqueza que representan una serie de procedimientos tecnológicos para su tratamiento global e interdisciplinar en el aula, Yus (2006) considera que diversos temas como los ambientales, de salud, de consumo, de convivencia, aunque le son familiares a los profesores, nunca han alcanzado el rango de enseñanza obligatoria en el currículo oficial.

En este apartado utilizaremos la denominación de *Tema transversal* al conjunto de conocimientos y saberes que sobre el agua se han desarrollado en capítulos anteriores, como un modo de dinamizar el conocimiento con un enfoque orientador crítico, de tal forma que el maestro y el alumno transiten de la visión tradicional al reconocimiento del conflicto, se intenta que el agua sea vista desde

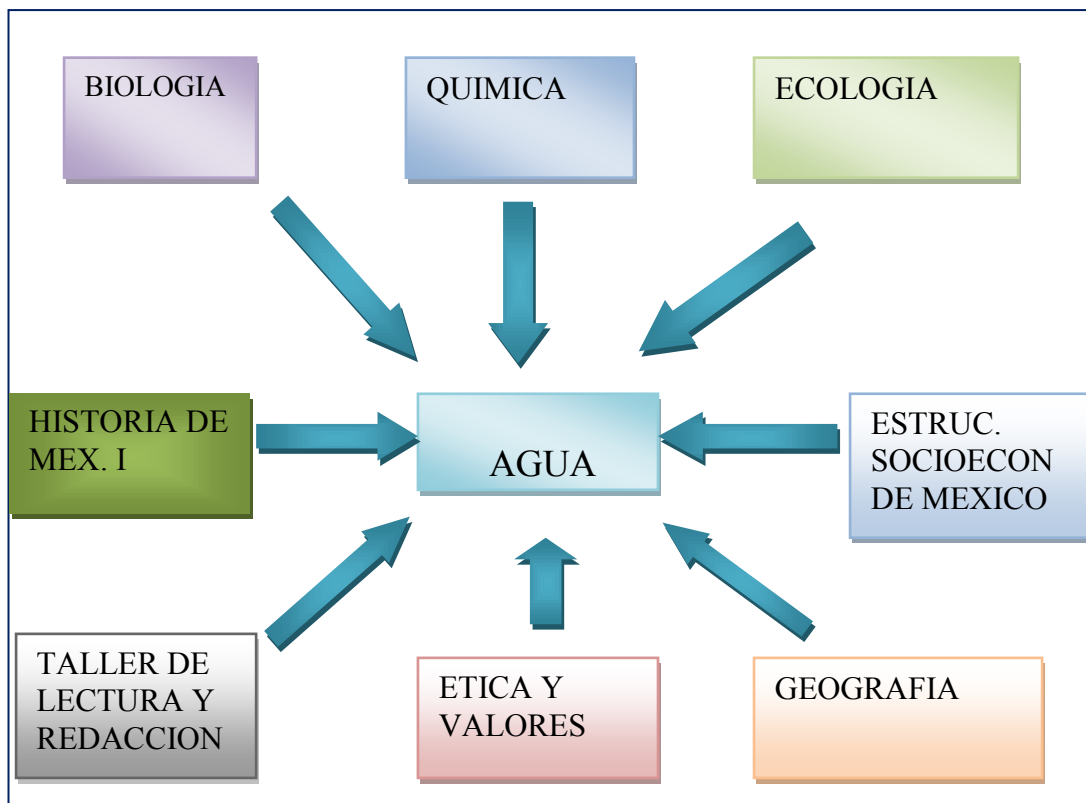
la visión interdisciplinaria y no mediante una disciplina en específico.

Los temas transversales pueden convertirse en una enseñanza ocasional, episódica, marginal y de escasa relevancia; una nueva variante de las materias o de actividades solamente promovidas por el profesorado socialmente más comprometido (Carbonell, 1994:9), el tema del agua, por su riqueza conceptual, podría ser un eje que articule las actividades didácticas y talleres, a través de actividades casuales o eventuales que se programen en los ciclos escolares.

El entorno representa una gama de posibilidades de conocimiento, de eso se apoya la transversalidad, Gutiérrez (1997) menciona dos modalidades en la transversalidad: la interdisciplinaria y la multidisciplinaria.

Desde la perspectiva interdisciplinaria se toma como eje el tema del agua donde se incorporan las contribuciones de la Biología (procesos biológicos de autodepuración del agua en una planta purificadora) en la Química (proceso químico del intercambio iónico) en Ecología (efectos de la contaminación en un sistema hídrico) Ética y valores (individualismo, idea de progreso y calidad de vida) y Geografía (cuerpos de agua que utiliza una purificadora).

## MODELO INTERDISCIPLINAR

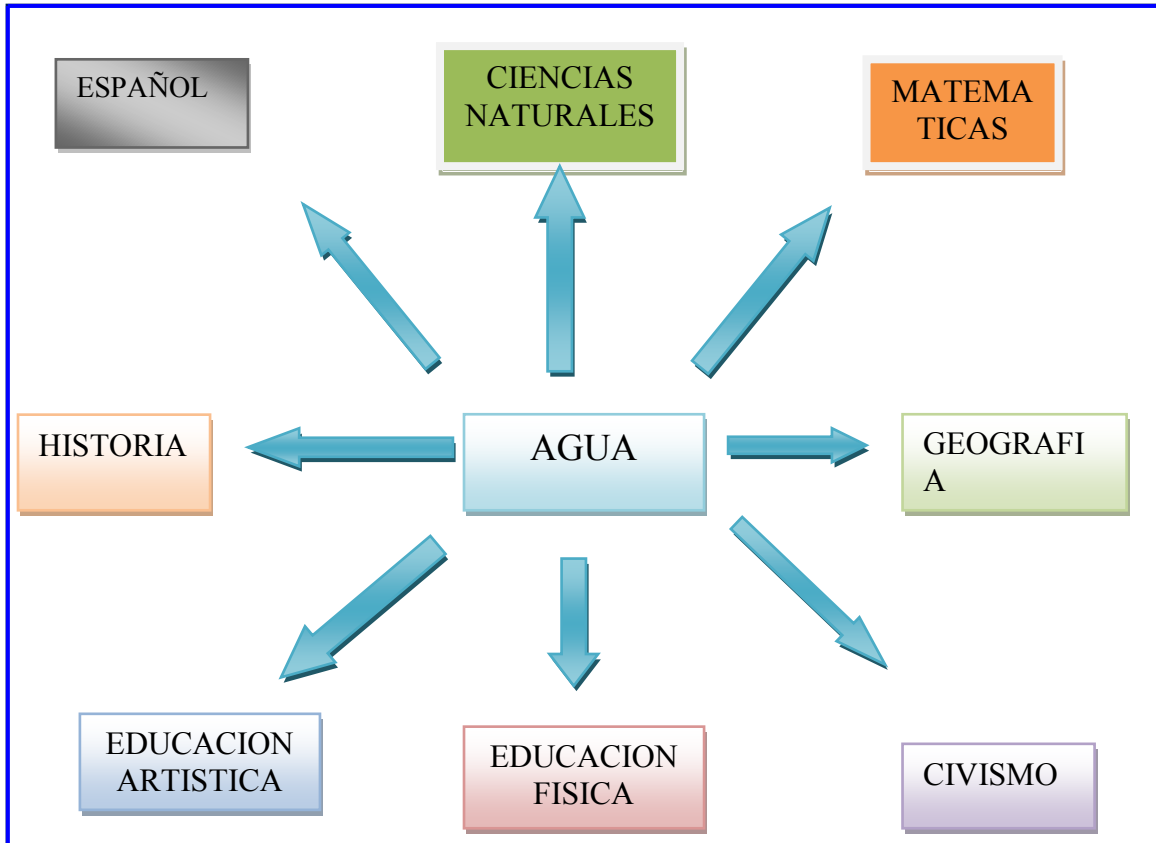


Basado en el modelo de Hungerford & Ben. Gutiérrez Pérez, José. La Educación Ambiental.

Desde la perspectiva multidisciplinaria, los temas novedosos que van surgiendo sobre el agua se incorporan como campos de reflexión en cada una de las áreas, este modelo permite la formación de un mayor número de docentes y un programa de estudios menos cargado, teniendo el profesor la posibilidad de poder manipular diversos materiales menos complicados.



## MODELO MULTIDISCIPLINAR



Basado en el modelo de Hungerford & Ben. Gutiérrez Pérez, José. La Educación Ambiental.

Uno de los aspectos centrales de la transversalidad radica en la participación directa del profesorado, quien independientemente del modelo por el que se opte, se verá en la obligación de articular una colección de estrategias a distintos niveles que hagan posible el desarrollo del mismo (Gutiérrez, 1995:181).

Carbonell (1994) advierte que los temas transversales pueden convertirse en una enseñanza episódica y de escasa relevancia, impartida por el profesorado más consciente o comprometido, o, por el contrario, puede significar una re-actualización y fortalecimiento de todos los contenidos y no solo de los hábitos, valores y actitudes, sino también los procedimientos y contenidos informativos y conceptuales.

Desde esta óptica el factor humano adquiere mucha importancia, sus posibilidades de ser sensible a un recurso como el agua le permite tener una visión más global y dilucidar que este tipo de problemáticas descansan sobre un

modelo económico que atraviesa el mundo en general, la transversalidad no se asume como una serie de temáticas individualizadas carente de un cuerpo teórico o epistemológico en el que la acción pedagógica no pueda traducirla.

#### **4.3. La mesa de hidrólisis.**

La mesa de hidrólisis es un recurso tecnológico recuperado de la planta purificadora, descrita con anterioridad, resume en una primera instancia todo ese proceso para la limpieza del agua es una prueba final de todo ello, pero en una mínima expresión, por otro lado se ajusta al modelo multidisciplinar descrito por la riqueza que presenta este tema en la interpretación y el análisis del profesorado de distintas formaciones por ello se procedió a llevar a cabo su aplicación en el entendido que esta tecnología no era conocida.

En el centro de bachillerato tecnológico “Ruy Pérez Tamayo” del municipio de Ayapango en el Estado de México, el día 26 de marzo del 2007, se llevó a cabo un taller con los profesores de esa institución titulado “*saberes del agua*” donde se les presentó un instrumento dominado *mesa de hidrólisis*, fotografía 33, es un aparato que su función es el de descomponer las sales que contiene el agua y que a simple vista no pueden ser apreciadas y procediéndose de la siguiente forma: se llenan dos vasos de cristal con agua embotellada que comercialmente se consume entre los profesores, se introducen en el agua los cátodos de los extremos del instrumento que está compuesto por una barra de aluminio y otra de hierro y que al conectar a una corriente eléctrica origina que los electrones generen la descomposición de sales contenidas en el agua y se manifiesten visiblemente en la superficie del agua.



Fotografía 33. Mesa de hidrólisis, tecnología que descompone las sales disueltas en el agua y que a simple vista no son detectables por el ojo humano.

Les pregunté qué había ocurrido, las respuestas que se dieron fueron en función de la formación docente y en la que por grupos, formados de acuerdo a sus academias, fueron dando respuesta a los cuestionamientos, como se verá adelante, los de la academia de humanidades al decir que se trataba de un proceso que para ellos era completamente desconocido, pero que les interesaría saber sobre el fenómeno para involucrarse en algún proyecto relacionado con el cuidado del agua, los profesores de ciencias naturales se esforzaban por dar alguna explicación y no caer en contradicción con sus conocimientos.

- **Expositor.** Profesor de química ¿nos puede decir qué sucedió aquí?
- **Profesor de química,** al parecer el aparato origina que las sales contenidas en el agua fueran descompuestas.
- **Expositor,** qué son las sales.
- **Profesor de química,** son las sustancias contenidas en el agua y que le sirven al organismo para la supervivencia.
- **Profesora de la asignatura de derecho** ¿qué ocurre si el agua tiene demasiada sal?
- **Profesor de química,** eso puede dañar al organismo.

- **Profesor de la asignatura de turismo**, creo que lo que sucedió fue que el agua mostró la cantidad de contaminación que posee.
- **Orientadora**, ¿quiere decir que estamos bebiendo agua contaminada, y que nos la venden como agua purificada?
- **Profesor de artes visuales**, en realidad se convierte en un negocio del que nosotros participamos al comprarla sin saber qué tecnología se está utilizando para su purificación.
- **Profesor de ciencias naturales**, se separaron los contaminantes del agua con el aparato ese, creo que es un buen método para localizar que tanto está contaminada el agua que nos tomamos.
- **Expositor**, las sales son metales pesados que se desprenden al aplicar una corriente eléctrica producida entre la barra de cobre y la barra de hierro y lo que se alcanza a percibir en borde del vaso con el agua son separaciones de dichas sales
  
- **Expositor**, ¿qué perciben en los vasos?
- **Profesor de artes visuales**, lo que percibo es que la coloración en un vaso es más fuerte que el otro.
- **Expositor**, ¿a qué se deberá esto?
- **Director del plantel**, ¿a que uno tiene más sales que el otro?
- **Subdirectora escolar**, este experimento nos da pauta a que presentemos un proyecto sobre el agua en la semana nacional de ciencia y tecnología. Porque en realidad somos de una escuela tecnológica y carecemos de información de investigaciones novedosas que nos aporten nuevos conocimientos y podamos aplicarlos en nuestros programas.
- **Profesora de historia**, en realidad desconocemos cómo a lo largo de la historia del municipio y de nuestras comunidades se ha venido deteriorando el agua y no le hacemos caso, por el contrario durante años la hemos desperdiciado y contaminado, las generaciones futuras se van a enfrentar a un problema verdaderamente delicado ¿qué hacer entonces?

Las respuestas de los profesores nos permiten percibir el conocimiento que tienen sobre el tema, que les causo asombro. Ver el agua con las sales manifiestas

permitió la declaración de diversos juicios para tratar de esclarecer las dudas que surgieron en ese instante, el experimento no tendría nada novedoso que aportarnos, si se hubiera concluido que el agua representa tan solo una bebida que satisface nuestra sed y que es necesaria para la vida, serían conclusiones tan genéricas, que no nos llevarían a ninguna parte como es el caso de las actividades que la parte oficial manda a realizar como la semana del cuidado del agua, la que se convierte en una actividad más que el profesor tendrá que desarrollar en su tira curricular, la transversalidad no permite esto, porque se convierte en un tipo de conocimiento mediado por el excesivo activismo del que no le falta a la educación pública.



Fotografía 34. Separación de las sales del agua aplicando una corriente eléctrica.

Las opiniones que dijeron los docentes para lograr comprender lo que ocurría con la mesa de hidrólisis, fue espontánea, utilizaron los pocos conocimientos y la escasa información para tratar de encontrar una respuesta al proceso tecnológico expuesto. Pero ante ese caos lograron fijar un criterio referente a una problemática que poco se ha abordado en los programas educativos nacionales como lo sería el conocimiento tecnológico de actualidad y los problemas ambientales que la humanidad padece, pero sobre todo el papel de la escuela ante estos escenarios.

- **Expositor**, vieron lo que el agua nos muestra cuando se aplica un instrumento tecnológico diseñado para ello, consideran ustedes, y haciendo referencia a la pregunta que hace la maestra, que la escuela tiene un papel primordial en este asunto, o es simplemente una información más que se guarda en los archivos del olvido.
- 
- **Director escolar**, compañeros maestros, lo que se nos ha presentado en este taller debe tener un impacto en nuestra labor como docentes, en particular he estado pensando que no hemos aprovechado lo que la naturaleza nos proporciona, que es algo tan cotidiano que pasa desapercibido para nosotros, yo me incluyo en ellos y desde este momento quiero tomar acciones y espero me apoyen, no es una solución sencilla, pero considero que la participación del alumnado para esta causa tiene que ser decidida, si uno de los problemas que se nos ha presentado con la mesa de hidrólisis es la incorporación de sustancias nocivas que desconocemos, es porque hemos alterado el ciclo natural del agua y la hemos desperdiciado, podemos desarrollar algún proyecto que nos represente como una institución que desarrolla la cultura del cuidado del agua, cuando menos, me comprometo como director asignar un presupuesto para la construcción de cisternas que capten el agua de lluvia que escurre de las azoteas de las aulas y sea aprovechada para su uso en los jardines de la escuela y buscar de algún modo la participación de las asignaturas que tienen que ver con los fundamentos tecnológicos el modo de desarrollar algún modelo de reciclaje del agua de los sanitarios.

#### **4.4. Medidor de sólidos disueltos.**

También surgieron otros criterios cuando les dije que el agua podía medirse, se les presentó el instrumento de nombre medidor de sólidos disueltos (DTS) el cual al introducirlo en el agua detecta la cantidad de partículas contaminantes que hay en ella y les asigna una numeración.

- **Expositor**, les presento otro instrumento que nos permite ver el agua desde otra óptica, se llama medidor de sólidos disueltos y su escala es de 0 a 900 partes por millón (ppm), con este procedimiento podremos identificar la cantidad de sales disueltas en el agua.



Fotografía 35. (Caso1). Medidor de sólidos disueltos en el agua.

Para el caso (1) de el agua contenida en el primer vaso marcó 128 ppm la marca comercial del agua utilizada para esta medición es *Nestlé pureza vital*.



Fotografía 36. (Caso 2) DTS haciendo medición del agua.

El caso (2) nos presenta una medición de 019 ppm, por consiguiente el agua con la marca comercial *Ciel* es la que menos partículas contaminantes contiene.

- **Expositor**, al parecer hemos introducido otro elemento tecnológico que nos permite visualizar el agua más subjetivamente, pero que se nos presenta con un sistema de medición desconocido para todos nosotros ¿cuál es la marca de agua que obtuvo la mayor marcación de contaminantes?
- **Profesora de inglés**, la marca Ciel.
- **Expositor**, ¿en cuál de las dos marcas confiarían su salud?
- **Subdirectora académica**, desde luego confiaría más en la que presentó menor medición, pero que quiere decir ppm?
- **Expositor**, alguno de ustedes, y ya que estamos en un bachillerato tecnológico ¿nos podría decir su significado?
- En ese momento los profesores sobre todo de las áreas de ciencias naturales son objeto de las miradas de sus compañeros como diciéndoles *ustedes contesten*.
- **Expositor**, es una medida internacional que nos indica el nivel de contaminantes que se encuentran disueltos en el agua.
- **Profesora de turismo**. ¿De los ppm cuál es la medida aceptable para consumir el agua?
- **Expositor**, En México no existe una regulación para el agua embotellada, aunque en otros países sobre todos los desarrollados en un promedio general es menor de 100 ppm.
- **Subdirectora académica**, habríamos de conocer cómo se lleva a cabo el proceso de filtración del agua en las plantas purificadoras, cuáles son sus métodos, que tipo de tecnología utilizan, los costos, las ganancias que genera la venta, el uso del agua, quién autoriza la instalación de esos establecimientos.
- **Profesor de economía**, estoy realizando un trabajo de tesis y creo que puedo introducir esta temática en mi trabajo, no me había percatado que existe un problema y que sin embargo lo hemos ignorado, con la muestra del medidor de partículas contaminantes nos podemos dar cuenta que tan limpia es el agua que nos ofertan las plantas purificadoras, más sin embargo quisiera indagar el costo – beneficio de la aplicación de



determinadas tecnologías de purificación y su recuperación y abatimiento de los gastos, me hago la pregunta ¿será costeable para una pequeña planta purificadora que apenas inicia, en que radica su supervivencia, cómo se va abriendo al mercado y de qué manera convencer a los usuarios del consumo de su producto?

- **Expositor**, ¿cambió la percepción que tenían ustedes sobre el agua?
- **Unísono**, ¡sí!
- **Expositor**, alguien pudiera decirme en qué cambio.
- **Orientadora**, A mi me impresionaron los dos experimentos que se nos mostraron, creo que voy a ser más cuidadosa en no desperdiciar agua en mi casa, así como inculcar en mis alumnos el respeto y cuidado sobre ella con algunas actividades relacionadas con mi área.
- **Profesor de artes visuales**, en frente de nuestra escuela pasa un canal de aguas negras, pero en realidad es agua que proviene de los deshielos del Popocatepetl, con esto tengo un sentimiento de culpa por no cuidar lo que a nuestros ojos se presenta y nosotros como institución y como individuos no hemos hecho absolutamente nada, deberíamos empezar por aprovechar ese canal que esta frente a nosotros, cómo hacerlo, me estoy imaginando transportar esa agua a alguna cisterna que se construya mediante unas bombas de agua en la escuela para poder tratarla y aprovecharla, no dudando de la buena fe de nuestro director para contar con su apoyo.
- **Orientador**, Para mí el primer experimento me causó un efecto de asombro ya que jamás pensé que se pudieran visualizar las partículas que contiene el agua, pensaba entre mí, será posible que con el solo hecho de hervir el agua se eliminarían esas partículas, o se tendrá que hacer otro proceso para su eliminación, entonces por qué en los medios de comunicación se nos dice que se hierva el agua para poder tomarla, con esto mi percepción sobre el agua es diferente a la que tenía y creo que llevaré esto a mis alumnos para que se interesen en este asunto y que es parte formativa para su proyección profesional.
- **Director escolar**, maestros las ideas que han surgido en este taller, las hemos estado anotando para proponer en una próxima reunión de

planeación se incorpore este tema tan importante a la planeación escolar por academias, creo que cada academia puede elaborar un proyecto, sin descuidar lo que los planes y programas nos solicitan de la parte oficial.

La heterogeneidad de las opiniones de los profesores durante los dos procesos fueron muy diversas , el intercambio de criterios fue una pieza clave que derivó en un acuerdo de un tema transversal disgregado y con distintos tonos en su percepción en los distintos campos de conocimiento que se avocan a su indagación, en alusión al elemento de la comunicación en la teoría de las representaciones sociales Guerreo (2007) aduce la importancia de esta en un nivel de emergencia, los intereses de grupos están focalizados a la utilidad y el consenso de estos conocimientos.

Los profesores enriquecieron sus concepciones sobre el agua, se modificaron sustancialmente ideas y surgieron propuestas como el diseño de un proyecto o que lo conformaban imaginariamente, el aprendizaje de los profesores y su cambio de interés sobre el agua se debió, también por la utilización de los juicios o informaciones que el maestro emplea cotidianamente para la conformación de su aparato crítico que le permiten imaginar situaciones y aplicarlas en su vida profesional.

#### **4.5. El tema transversal y el experimento imaginario.**

La adopción tecnológica representa, entonces, para el currículo y la escuela, asegurarse de una vasta información tecnológica, como la descrita en la planta purificadora, así, el papel de la tecnología es el de contribuir a la solución de un problema de actualidad (Lara, 1998:21). La escuela por consiguiente, contaría con la oportunidad de coadyuvar al desarrollo del pensamiento tecnológico, como una aportación modesta, permitiéndole ocupar sitios de interacción entre los espacios social, cultural, productivo para trasladarlos al terreno escolar y sus programas de estudio.

Lo que se pretende es construir un esquema de interacción donde el tema transversal se acompañe de un cuerpo teórico definido que además de la información y el conocimiento provea el uso de un razonamiento abierto para la obtención de resultados (Kuhn, 1996:272), dichos resultados vendrían a ser una propedéutica de la utilidad de los experimentos imaginarios que se pretenden incorporar desde esta propuesta.

Tengo claro que ofrecer esta idea, repercute en gran medida en el ánimo del docente, la carga que representa por sí misma el esquema curricular vigente deteriora la posibilidad de insertarse en ella. En este aspecto, no se trata de perjudicar el asunto administrativo, entendido este como el deber ser del profesor frente a sus obligaciones como servidor público, no se trata de reformar, se trata de ofrecer alternativas, de acortar la distancia con los sucesos se desarrollan a mayor velocidad en otros espacios del cual no somos ajenos, sin tener que ser una carga más.

El ejercicio de la mesa de hidrólisis nos permitió resumir todo un proceso tecnológico que sería imposible trasladarlo al espacio escolar Espinoza (2008), señala, “en documento inédito”, reconocemos este contexto de visualización al paso entre aprehensiones perceptivas y aprehensiones discursivas iniciales, marcadas por anclajes del conocimiento a modos perceptivos de los objetos, y procesos de desanclajes visio-discursivos que obligan a los sujetos a cambiar sus aprehensiones operativas: figural, de reconfiguración, o dimensional, así como a cambiar los procesos de visualización dimensional, de anclaje, o configural.

En esta consideración, el proceso de visualización de las tecnologías hídras de purificación del agua en la captación de sus formas tecnológicas se lleva a cabo sin hacer un juicio de ellas, por principio, pero internamente el individuo desarrolla una serie de procesos que le permiten delinear las formas, es decir desarrolla su capacidad para la transformación técnica del medio que las va aprehendiendo y las sujeta al accionar del conocimiento.

La complejización del medio ambiente requiere de la conformación de nuevas estrategias del conocimiento que le permitan aprehender el híbrido que representa la tecnología, mediante el conocimiento de las técnicas tradicionales y los saberes populares (Leff, 2007:307), esta posición de transitar entre la cultura y la tecnología con lleva en sí el fundamento de la apropiación social que inscribe a la naturaleza en el territorio de la cultura, restituyendo su riqueza simbólica y generación de sentido sin pasar por alto la existencia de un universo científico que está presente en los desafíos que este mundo moderno reclama.

#### **4.6. El experimento imaginario,**

En este apartado abordaré los procesos que rigen a los “experimentos imaginarios” desde una óptica pedagógica, haciendo concordar los procesos de transversalidad que en el capítulo II se mencionan, no se trata de llevar a cabo un análisis mayoritariamente epistemológico del término, no es mi propósito, sino de incorporar los elementos sustanciales de los experimentos imaginarios como un constructo que potencie el tema transversal, la incorporación de la connotación de experimento imaginario nos conducen al desarrollo de tecnologías que denominaré *de bajo impacto*, en donde los procesos tecnológicos de purificación del agua descritos en el capítulo III nos proporcionarán una serie de caminos donde los experimentos imaginarios tendrían el lugar idóneo para su desarrollo, este acompañamiento que estoy proponiendo, tema transversal - experimento imaginario, es en el sentido de utilizar una base tecnológica ya establecida, donde la vinculación escuela – sociedad se encuentre en el reconocimiento de su entorno social y tecnológico pudiendo hacer uso de dichos espacios para su entendimiento.

La escuela, entonces, se convierte en el lugar donde las tecnologías de bajo impacto serían el resultado final de esta conjunción, el agua, como tema, no saturaría el diseño curricular, este seguiría su cauce haciendo prosperar su contenido, entonces el experimento imaginario haría acto de presencia en este terreno como un elemento innovador.

El despliegue de fuerzas contenidas en el experimento imaginario sería tan amplio que rebasaría el ámbito escolar, pero este es lo que se requiere, ir dejando atrás conocimientos obsoletos que se encuentran anidados en el terreno curricular, la rapidez con que los acontecimientos se suceden y en particular los tecnológicos van agrandando la distancia entre el currículo y los desarrollos que se suceden en su entorno. El agua por ser de uso cotidiano es desapercibido por la esfera social, en la escuela lo cotidiano debe volverse interesante, debe transformarse en un motivo de estudio. Duckworth (2000) nos comparte este interesante testimonio que permite percatarnos que el espacio escolar se puede convertir en el lugar donde interactúa el conocimiento con lo cotidiano, el sentido común, la curiosidad científica,

*“el taco de la reina es una planta cuyas hojas son llamativamente hidrófobas. Nati, de cinco años, volvía a enjuagar su vasito de témperas en la canilla del patio. Al pasar al lado de un taco de reina, terminó de vaciar sobre la planta el agua que quedaba y exclamó asombrada: ¡Seño esta agua es distinta! En el momento la maestra se sonrió por la ocurrencia y siguieron caminando hacia la sala. Pero Nati no había quedado satisfecha. Al rato vuelve con un vaso con agua de la canilla del baño del jardín (cuya propiedad de mojar ya había comprobado otras veces), hecha un poco de agua sobre el taco de reina, se detiene un instante y luego la hecha sobre las otras plantas cercanas que, naturalmente, se mojan. Cuando me acerque y le pregunté: ¿Qué haces Nati?, respondió: ¡Es que a esta planta no la moja ningún agua!”.*

El hecho de que Nati se percatara de que el agua no mojara el taco de reina la hacía entrar en una contradicción con sus predicciones, ella consideraba que eran diferentes tipos de agua los que cada grifo ubicados en espacios distintos de aquel lugar proporcionaban, pensaba que cada toma tenía un acceso de agua distinta, que alguna de ellas podría lograr humedecer al taco de reina, lo cotidiano, lo conocido se volvió un asunto a investigar, se había transformado en un experimento imaginario.

#### 4.7. La magnitud histórica del experimento imaginario

Los albores de los experimentos imaginarios se le deben a Galileo, los estudios que llevó a cabo acerca de la magnitud, del movimiento de los cuerpos, y de la hidrostática dieron impulso a los cimientos de la ciencia moderna, muy a pesar de la enorme crítica de la que fue perseguido por sus detractores que comulgaban con el pensamiento aristotélico, el de la física clásica, y que en esos tiempos era el oráculo de todo el pensamiento científico que se desarrollaba.

Pierre Thuillier (1998) considera que Galileo sentó las bases del pensamiento científico moderno con la aportación de sus teorías sobre el movimiento de los cuerpos, sobre el plano inclinado, la caída libre de los cuerpos y sobre la hidrostática, que hicieron que la comunidad científica de esa época se dividiera en torno a las posturas manejadas por Galileo y las de Aristóteles.

El sistema aristotélico se encuentra basado en la experiencia, lo que se ha denominado empirismo aristotélico, que es el principio de la teoría. Para el sistema galileano los experimentos son contruidos a partir de una teoría en el que su función es corroborar o hacer nula su práctica a la existencia de leyes fundamentadas en otros lugares es decir, descender de la esencia de una cosa a sus propiedades.

Uno de los experimentos imaginarios que Galileo lleva a cabo nos permite identificar su ejecución, cuando **sustituye** la caída libre de un cuerpo por un plano inclinado y que Koyré (1994) lo describe así:

*“En el espesor de una regla, a sea, de una tabla de madera de unos doce codos de longitud, medio codo de anchura y tres dedos de espesor, se abrió un canal de poco más de un dedo de ancho. Se trazó muy recto y, para que estuviera bien pulido y liso, se recubrió interiormente con una hoja de pergamino lo más lustrosa posible. Se hizo descender por el canal una bola de bronce muy duro, bien redondeada y pulida. La regla contruida, como acabamos de indicar, tenía una de sus extremidades elevada a un codo, o a dos, a discreción, sobre el plano*

*horizontal. Como se ha dicho, se dejó descender la bola por el canal y se anotó, de la manera que voy a decir, la duración de todo el recorrido; se repitió numerosas veces el ensayo para asegurar bien el valor de esta duración y en la repetición aludida jamás se encontró diferencia superior a un décimo de pulsación. Establecida y hecha con precisión esta operación, hicimos descender a la misma bola sólo por la cuarta parte de la longitud del canal; la duración de la caída media resultó rigurosamente igual a la mitad de la otra”.*

La posibilidad de que Galileo llevase a cabo una sustitución, le originó críticas muy severas de parte de sus colegas por no apegarse al método clásico que compartían con el método aristotélico, tachando sus experimentos de verdaderamente inútiles, aunque también la medición del tiempo fue algo del recorrido del objeto fue motivo de críticas por la falta de rigor en sus procedimientos Galileo menciona la idea para la medición del tiempo en esta forma lo que respecta a la medida del tiempo, un gran cubo lleno de agua estaba suspendido en el aire; un pequeño orificio horadado en el fondo dejaba escapar un chorrito de agua que se vertía en un vasito durante todo el tiempo del descenso de la bola a lo largo del canal o sus partes; las cantidades de agua así recogidas eran pesadas en una balanza de gran precisión; las diferencias y proporciones de sus pesos daban las diferencias y las proporciones de los tiempos, y esto con tal exactitud que como dije antes, esas operaciones, muchas veces repetidas, no arrojaron una notable diferencia (Koyré, 145:2001)

Koyré afirma, en cuanto los estudios del movimiento acelerado, que Galileo buscaba la esencia, lo más importante del fenómeno, permitiéndole inferir y probar sus accidentes y sus síntomas *“Galileo no emite hipótesis sobre los modos posibles del movimiento acelerado: lo que busca es el modo real, el modo que emplea la naturaleza (Ibíd. 147)* Hablar del experimento imaginario, no es hablar de una ocurrencia o de un experimento aparente o fingido que nace de la ociosidad del investigador científico, este tipo de indagación se ejecuta con la imaginación como la hacía comúnmente Galileo, aunque partía de bases enteramente objetivas aún cuando le era imposible realizarlo o cuando no se disponía de los instrumentos necesarios para llevarlo a cabo.

En la disputa con Galileo, sus adversarios llevaron una tablita de ébano y una pelota de la misma madera. La tablita, apoyada suavemente sobre la superficie del agua, quedaba flotando, mientras que la pelota bajaba inmediatamente hasta el fondo; de lo que se infería, de acuerdo con Aristóteles, que la diferente forma que un sólido posee, independientemente de su peso específico, hace que este flote o bien se suma. Galileo, quien señala, de acuerdo con Arquímedes, que la figura no determina que el cuerpo flote o se hunda sino la velocidad con que se hunde, siempre que el material con que está hecho sea por su peso específico apto para vencer la resistencia de la viscosidad del agua, se veía obligado a hallar una razón para justificar la flotación de las láminas y no sólo de ébano, sino hasta de oro, que supera al agua en gravedad casi 20 veces...y sin embargo una delgada hojita de oro flota sin hundirse (Levi, 2001:31).

Galileo acepta el reto y a sus adversarios les explica que la solución se encuentra en el nivel del agua que se encuentra por debajo de la superficie del objeto que debido a la alteración de la figura conserva su materia, Galileo respondía inmediatamente las preguntas de sus adversarios, generando conflictos entre los defensores de las ideas aristotélicas como: Arturo d' Elci y Giorgio Coresio y los que eran partidarios de Galileo como Tolomeo Nozzolini y Benedetto Castelli, este último considerado el padre de la hidráulica.

#### **4.8. El experimento imaginario frente al pensamiento de la modernidad.**

En la época moderna, estamos hablando del siglo veinte, específicamente en los años 30s, se reaviva la polémica en principio con Paul Tannery, posteriormente con Alexandre Koyré ambos enarbolaban la opinión de que Galileo aparentaba haber recurrido a la experimentación, es Koyré quien plantea sus dudas respecto a los experimentos llevados a cabo por Galileo los consideraba irreales, inútiles y con falta de fundamentación empírica comúnmente manifestaba “si tiene tendencia a creer que este gran físico descubrió sus principales esquemas teóricos mediante la observación o la experimentación. Por ejemplo la idea del isocronismo (igualdad de la duración de los movimientos de un cuerpo) del péndulo le habría venido al **contemplar** el balanceo de una gran lámpara y la



confirmación de que todos los graves caían con caída libre a la misma velocidad, al dejar caer diversos cuerpos desde la torre de Pisa, *Leyendas*, afirmaba Koyré (Thuillier, 1991:293)

Koyré insistía en que Galileo no apelaba a la experiencia en los experimentos que llevaba a cabo, los consideraba de poca importancia así la aseveración galileana de la caída de los graves\*, no reposa como hemos llegado a ver, más que sobre razonamientos a priori y *experiencias imaginarias*. Jamás hasta ahora, nos hemos encontrado en presencia de una experiencia real (Ibíd.,293), y le parecía verdaderamente ridículo que el tiempo fuese medido con toda exactitud con un recipiente con agua, añadía Koyré que los científicos de aquella época creían que las experimentos imaginarios de Galileo fuesen verdaderos, el padre Mersenne en esa época escribió un libro referente a la armonía universal y pensaba de Galileo lo siguiente: Dudo que el tal Galileo haya realizado las experiencias de las caídas en el plano (Ibíd., 295), Descartes se unía a sus detractores y se afanaba en negar sus experimentos, en realidad la crítica que los historiadores contemporáneos han realizado sobre sus experimentos, han dado pauta a que se vuelva a interpretar. El trabajo científico que desarrolló Galileo se debió a un trabajo intelectual muy fuerte que lo conducía a la interpretación exacta de sus experimentos ya que no disponía de los instrumentos teóricos consolidados, como los que en la actualidad poseemos.

Las controversias originadas por los escritos de Galileo produjeron un cisma en los procedimientos experimentales, el debate en la actualidad sigue vivo, los procedimientos experimentales basados en el ensayo y el error sufrieron un agotamiento al presentar más errores que resultados, Galileo no consideraba las bases de su ciencia como innatos estos principios no se imponen a la fuerza a la realidad ni se deducen de la observación: son construcciones racionales, solidarias de una experiencia minuciosamente analizada, y que el físico puede convertir en guías para una comprensión efectiva de los fenómenos naturales (Ibíd., 303), la rabiosa persecución que llevó a cabo Koyré contra las ideas

---

\* Los graves eran conceptos aristotélicos que designaba a los elementos tierra y agua la virtud de poder precipitarse hacia el centro de la tierra, el fuego y el aire se alejaban de él.

científicas de Galileo, lo llevaron a reducir la parte de la experimentación a un punto extremo y con el pretexto de ser prudente menciona y hasta con cierto cinismo, que lo único interesante de Galileo son sus *experimentos imaginarios*, con lo que ayudó al desaliento de todo investigador que pudiera indagar sobre los experimentos de la ciencia galileana y en el que Koyré trata de dar la puntilla al refutar este experimento galileano: se llena de agua un globo de cristal provisto de un orificio no más ancho que una paja y se le pone boca abajo: el agua, a pesar de su gravedad considerable y de su propensión a descender en el aire, y éste a pesar de su propensión contraria a elevarse, se niegan, tanto uno como otro, a pasar por el orificio y permanecen los dos obstinadamente en su posición inicial; si, por el contrario, colocamos la abertura en un recipiente con vino tinto, cuya gravedad es apenas inferior a la del agua, veremos rápidamente cómo el vino se eleva lentamente en el agua en forma de filamentos rojos, y esta última, con la misma lentitud, desciende en el vino, sin mezclarse, de forma que al final el globo acaba lleno de vino y el agua pasa completamente al recipiente inferior(Ibid,321), para ello Koyré no reproduce el experimento y deduce que este es imaginario era incrédulo a su realización, lo único que sucedió fue una mezcla, decía.

#### **4.9. El aparato conceptual de los experimentos imaginarios.**

La atmósfera histórica que ha precedido a este apartado, nos ha permitido incorporar algunos elementos de juicio que nos indican la presencia de estos experimentos en la vida cotidiana y en la vida escolar, que es al final lo que nos procura, si bien el seguimiento impetuoso que lleva a cabo Koyré contra la ideas de Galileo, nos ubican en una propuesta que al inicio se ha descrito como una opción de penetrar el currículo oficial con las tecnologías de bajo impacto, es indudable que en la actualidad el pensamiento galileano sigue vigente y es precisamente Kuhn quien lleva a cabo el análisis de los experimentos imaginarios derivados del pensamiento de Galileo y el uso que le han dado algunos investigadores contemporáneos.

La riqueza de este pensamiento invita al esfuerzo de estudiar su magnitud y en consecuencia sus virtudes de acercarlos a los modos de investigación escolar, no

solo en el aspecto de la ciencia y el desarrollo de tecnologías, esto va más allá, remite a hurgar históricamente el contexto en el que los llevó a cabo, las herramientas y los instrumentos que surgieron de su imaginación y que dieron pauta para algunos de sus seguidores creyeran en sus ideas y desarrollaran instrumentos tecnológicos que en la actualidad son la base fundamental del desarrollo de la humanidad, el historiador Stillman Drake<sup>17</sup> que ha seguido el desarrollo de las investigaciones de Galileo situó sus trabajos en un contexto mucho más amplio ubicándolo en un medio histórico completamente desfavorable en el que la ciencia se asomaba con dificultad en el horizonte medieval.

Kuhn lleva a cabo una exposición de la función de los experimentos imaginarios y su desarrollo histórico, aunque esa parte se ha desarrollado ya que él se remite a los experimentos que realizó Galileo, Kuhn aborda el punto de los experimentos imaginarios a través de un conjunto de cuestionamientos:

*¿A qué condiciones de verosimilitud está sujeta?*

*¿Cómo es entonces que, confiando exclusivamente en datos familiares, se puede llegar con un experimento imaginario a un conocimiento nuevo o a una nueva comprensión de la naturaleza?*

*¿Qué es lo que los científicos esperan aprender de los experimentos imaginarios?*

Estas preguntas se desarrollan en la medida que Kuhn los ilustra con casos tomados de la historia de la psicología en especial de Piaget. *El entendimiento de la naturaleza* no es el fundamento de los experimentos imaginarios es *el entendimiento del aparato conceptual* en el que se fundamenta el trabajo del científico. La función del experimento imaginario es la de contribuir a eliminar una confusión previa forzando al científico a reconocer contradicciones que desde un principio, eran inherentes a su manera de pensar. A diferencia del descubrimiento de un conocimiento nuevo, la eliminación de la confusión existente parece no

---

<sup>17</sup> S. Drake y MacLachlan, J. Galileo el descubrimiento de la trayectoria parabólica. Revista ciencia americana. 1975. Pág., 102.

reclamar datos empíricos nuevos, en donde no necesariamente el experimento debe existir en la naturaleza pero se encuentra sujeto a la condición de verosimilitud o lo que podría suceder o la posibilidad de las cosas.

La plausibilidad es una cualidad de los experimentos imaginarios, es decir, que puedan ser admisibles por sus resultados, esto por los comentarios que se les asignan a estos experimentos como contradictorios entre sí y experimentos confusos los efectos de la experimentación imaginaria, aunque no arrojan datos nuevos, están mucho más próximos a los de la experimentación real de lo que comúnmente se supone (Kuhn, 1996:272). Recordemos que uno de los aspectos de estos experimentos imaginarios es la de eliminar la confusión y la de reformular o reajustar conceptos ya existentes.

El experimento imaginario se realiza con los factores idealizados pero basados enteramente en lo que representan objetivamente y procediendo con todo rigor y formulando los resultados correspondientes a las diversas variaciones que se puedan considerar con esmerada precisión.

El criterio de **verosimilitud** es una constante que se percibe en la participación de los profesores, al argumentar las posibilidades de solución, se adelantan a los hechos, es decir, se realizan intentos de acercamiento a la verdad “entonces podemos ver también el criterio de verosimilitud al cual debe conformarse el experimento imaginario (Ibíd., 275).

En la actividad descrita de la mesa de hidrólisis los docentes argumentaban una serie de opiniones basados en el conocimiento común o familiar como lo denomina Kuhn, perfilaban un conjunto de acciones que impregnaban su quehacer docente, en primer término el cambio de percepción sobre el recurso, segundo el acuerdo de compromisos para trasladar el tema transversal al espacio curricular, tercero el desarrollo de proyectos interdisciplinarios que permitan la generación de nuevos conocimientos y la potenciación de habilidades tecnológicas mediante procesos que no sean tan dificultosos en su desarrollo, Kuhn afirma que sólo cuando se satisfacen determinadas condiciones puede el

experimento imaginario enfrentar a su público con consecuencias imprevistas de sus operaciones conceptuales normales.

La **eficacia** del experimento imaginario radica en primer término de las cualidades que reúna, en segundo lugar si el experimento se encuentra subordinado a la experiencia con la naturaleza ese conocimiento debe estar incorporado al aparato conceptual del experimentador,

El experimento imaginario no da pauta al descubrimiento de nuevas leyes o teorías, le enseña al científico algo acerca de su aparato mental. Su función está limitada a la corrección de errores conceptuales (Ibíd., 276).

De los experimentos imaginarios, la mayoría de la gente aprende algo acerca de sus conceptos y también algo acerca del mundo (Ibíd., 276). Al finalizar el taller de la mesa de hidrólisis los docentes del bachillerato tuvieron la oportunidad de manifestar sus dudas, sus ideas, sus aspiraciones, sus reclamos, que otra forma no hubieran podido acceder. Esto les permitió progresar en su conocimiento y en la información referente al agua, es decir, existió una corrección de los conceptos *confusos* de su aparato conceptual.

El experimento imaginario no sería más que un caso límite, un caso ideal de un experimento normal La capacidad de imaginar con precisión es tan importante como la observación o la construcción real. Si la naturaleza, la realidad, es racional, lo racionalmente admisible es realmente permitido.

Kuhn menciona una serie de experimentos imaginarios que se encuentran inmersos en la contradicción y el conflicto enfrentándolos con el que los desarrolla, no mencionaré esos ejemplos porque están relacionados con los la física galileana, sin embargo mencionaré este ejemplo que me parece muy ilustrativo de lo que Kuhn menciona del aprender algo acerca del mundo.

Durante la participación de Akira Okubo<sup>18</sup> en el encuentro celebrado en el museo de la ciencia de Barcelona, comenta sobre la figura del matemático ruso Kolmogórov al que se le relaciona con la formalización moderna de la teoría de las probabilidades y que comenta de él “no hace mucho he conocido a un matemático judío ruso discípulo suyo de Leningrado, Lev Ginsberg, quien me ha hablado de cómo Kolmogórov captaba la esencia de la realidad del mundo que le rodea fuera cual fuera el problema. Ginsberg trabajaba en genética de poblaciones y llevaba ya mucho tiempo atascado con un problema. Se lo expuso a Kolmogórov, *que no sabía absolutamente nada del tema*, y en exactamente cinco minutos dio con la solución definitiva, lo que más impresionó a mi amigo fue la extrema sencillez de la vía sugerida por Kolmogórov. Ginsberg no había caído. Eso es todo. ¿Eso es todo? Me quedé pensativo porque esa era efectivamente la constante, la característica y acaso el secreto de Kolmogórov: la sencillez.

En toda la obra de Kolmogórov la idea fundamental es curiosamente muy sencilla, incluso en su teoría de la turbulencia oceánica que, como todo el mundo sabe, es justamente una teoría de comportamientos muy complejos. La prueba es que yo he sido capaz de explicar la teoría del comportamiento turbulento (uno de los dominios más complicados de la física) en la enseñanza media y a no científicos después, y no antes, de leer a Kolmogórov. Sencillez e imaginación, he aquí una pista (Wagensberg, 1990:101-102).

En cierto sentido hemos sido testigos como el desarrollo de la *disciplina* científica ha sido un obstáculo en el desarrollo de conocimientos nuevos, Kuhn nos advierte acerca del concepto de anomalía como una distracción interminable, la cual hace referencia a la trama conceptual existente como los informes de observación que no confieren valor científico alguno y que se transforman en suplementos de publicaciones, y en la que los científicos le dedican más tiempo a su estudio para mí el aspecto central de la imaginación científica es el caos, la disciplina mata (Ibíd., 102) por lo que el experimento imaginario es una de las herramientas analíticas esenciales que se emplean durante la **crisis** y que contribuye a promover la reforma conceptual básica (Kuhn, 1996:287).

---

<sup>18</sup> Físico japonés dedicado a la investigación en temas de ecología.

Las comunidades entran en crisis, según Kuhn, cuando no se dan soluciones a determinadas dificultades y esta logra sortearse construyendo nuevos conceptos que ligan los conocimientos de la experiencia incongruente con la experiencia congruente, ocasionándose un cambio o una revolución. La crisis se vuelve el centro de atención, convirtiéndose en el lugar donde las ideas se re conceptualizan, surgen nuevas y se observan de un modo distinto, con más precisión con mejores expectativas, el experimento imaginario es una de las herramientas analíticas esenciales que se emplean durante la crisis y que contribuye a promover la reforma conceptual básica (Ibíd., 287).

Bajo esta premisa la mesa de hidrólisis ocupa un lugar en los experimentos imaginarios, si consideramos que la estructura curricular de los planes de estudio no son congruentes con la realidad, estos entonces tendrían vacíos que pudieran ser ocupados por esta modalidad, el acompañamiento que el experimento imaginario con el tema transversal sería más enriquecedor al retomar las ideas y conocimientos de las comunidades de profesores con las comunidades culturales y tecnológicas que gravitan en torno suyo.

#### **4.10. Experimentos imaginarios y desarrollo de tecnologías.**

La gente común ha aprendido algo de los crecientes daños medioambientales que han generado las tecnologías y tienen una actitud de rechazo hacia ellas, las poluciones emanadas de los centros fabriles han sido causantes de problemas relacionados con la salud y el deterioro ambiental, este trabajo dista mucho en presentarse como una propuesta ambiental, sin embargo tiene aspectos que inevitablemente se relacionan a ella, no abordaré más en este tema, so pena de caer en una contradicción, pero consideraba necesario aclararlo.

La sociedad ha considerado el riesgo que implica el desarrollo de tecnologías, Vargas y Piñeiro analizan las descripciones sobre distintas formas de utilización del agua en la que observan una visión sesgada por el campo disciplinario desde el cual se les explica o describe. Así los ingenieros ponen el énfasis en los

materiales, las dimensiones, las formas constructivas, los caudales. Los agrónomos prestan gran atención a los procedimientos y prácticas; y a las interrelaciones entre lo físico y lo biológico del complejo agua – suelo – planta. Los técnicos sociales subrayan los aspectos organizativos, ritos religiosos, relaciones sociales, laborales y de poder que están en juego. Se pasa de un nivel extremo de generalidad a un nivel extremo de especificidad, en este sentido la tecnología toma una relevancia demasiado general, es un concepto que se ha diseminado por todas las esferas de los desarrollos técnicos dirigidos y ligados al mercado de la oferta y la demanda, el desarrollo tecnológico, se convierte en el factor principal del sistema económico global, se convierte en la variable crucial del sistema de la que depende el cambio de este. El desarrollo y liderazgo tecnológicos constituyen el factor más importante de cualquier país, demandando simultáneamente ajustes específicos en el sistema global.

En la actualidad la tecnología no se puede apartar de la vida cotidiana del individuo, donde este interactúa con ella a veces de manera desapercibida, los desarrollos tecnológicos como medios se encuentran al servicio de un fin, los saberes en su conjunto hacen posible la elaboración de objetos y medios que modifican el medio ambiente en un afán de hacer progresar a determinadas sociedades, al menos en lo económico, pero deteriorando el medio ambiente.

Las tecnologías en las disciplinas escolares deben estar abocadas a su manipulación y familiarización, “no basta que un objeto se encuentre todos los días ante nosotros, para que pase a convertirse en un trozo de la naturaleza, en el sentido original del término. Acaso un día los más diversos artefactos técnicos formarán parte integrante del hombre, como su concha lo es del caracol o su tela lo es de la araña. Pero, en tal caso, aquellos artefactos serán más bien partes del organismo humano que partes de la naturaleza que nos circunda. Si bien se habla de progreso en las escuelas se ha de proponer una *humanización* de las mismas, esto en contraposición al esquema planteado por la economía de la globalización, en un esquema crítico comprometiendo estos desarrollos tecnológicos acordes con el medio ambiente y siempre tendientes a no colapsar



los recursos que dispone la sociedad y a evitar el desgaste de los bienes naturales que se encuentran a disposición de la humanidad.

Porto-Goncalves (2006) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente afirma que la idea de desarrollo, tal como existe en la sociedad moderno – colonial, presupone el dominio de la naturaleza pero para eso es preciso que se construyan determinadas condiciones jurídicas y políticas para que las técnicas de dominación de la naturaleza puedan desarrollarse. El desarrollo forma parte del progreso a través de la evolución tecnológica alterando, para bien o para mal, las costumbres que cada sociedad mantiene en su territorio.

En el transcurso de la historia las tecnologías se han desenvuelto con la intención de satisfacer necesidades de toda índole, tecnologías para el transporte, para la medicina, para el ocio, para la alimentación, para la construcción, para el agua etc., sin embargo estas son tecnologías desarrolladas por una sociedad capitalista “en la sociedad capitalista, la tecnología apunta al aumento de la productividad, lo que implica un tiempo propio, el de la competencia mercantil (Porto-Goncalves, 2006:36). Las aplicaciones tecnológicas que se llevan a cabo en el ramo de la industria no son susceptibles de ser compartidas al entorno educativo, dejándolas a la deriva y por no responder a los intereses económicos de los grandes capitales. Como hemos visto, la aceleración relativamente reciente del dominio tecnológico arraiga en la revolución científica del siglo XVII, que por su parte creció en el fermento del renacimiento y la reforma.

La diferencia residió en la gran intensificación de la ambición de dominar y controlar la naturaleza, en un modo de tratar al mundo natural como si no tuviera valor intrínseco ni vida propia y en la demolición de las restricciones tradicionales al conocimiento y poder humanos (Sheldrake, 1994:50) se implementaron tecnologías ecocidas que se abalanzaron sobre los recursos naturales, no importaba el valor cultural de los bienes naturales que sobre todo prevalecían en las culturas mesoamericanas , sin embargo el buen uso de los recursos tecnológicos nos podrían facilitar la comprensión de problemas que en la actualidad se nos presentan.

Durante la feria nacional de ciencia y tecnología desarrollado en la cámara de diputados de la ciudad de México llevada a cabo del 18 al 20 de septiembre del 2007 se manifestó la necesidad de vincular la tecnología al currículo escolar desde la educación preescolar hasta la educación superior, se reconocía que ese aspecto del país es vulnerable, las tecnologías desarrolladas por las instituciones de educación superior no tienen el impacto para que la iniciativa privada se comprometa al financiamiento de algo que no le retribuirá ganancias, si eso es lo que se busca, el libro de texto que se pretende implementar a nivel nacional se convertirá en un documento de mera información, o como se hace en las escuelas será un periódico mural grandote indiferente para todo aquel que lo consulte.

En este contexto la escuela se ve limitada para el desarrollo de modelos tecnológicos, los experimentos imaginarios incorporados a la vida cotidiana de las instituciones denotarían que, en la modestia, son el medio para que docentes y alumnos acepten el desafío que los problemas de la vida contemporánea nos presenta, con ellos las tecnologías de punta pueden ser asimiladas y otras podrán ser renovadas e instituir las, conllevando con ello la conciencia de los fines para tener un mejor control de lo que está ocurriendo en la sociedad y en la naturaleza.

El siguiente ejemplo muestra la potencialidad que ejerce el experimento imaginario en la cobertura del conocimiento de los recursos hídricos que nos hablan de una posibilidad de cambio tecnológico y sobre todo de uno de los aspectos de que están ávidos en las escuelas, *nuevas formas de conocer*.

En la escuela secundaria “José de San Martín” ubicada en el municipio de Chilapa estado de Guerrero, las alumnas Liliana Vargas e Itzel García desarrollaron un método para la obtención de agua en una zona de ese estado que se caracteriza por su pobreza económica y natural presenta, además problemas de abastecimiento de agua por ser una zona árida.

Las alumnas de esa escuela muestran el poder que tienen los experimentos imaginarios y la enorme generación de conocimiento que irradian. Un fenómeno tan común como lo sería el rocío mañanero despertó la imaginación científica de estas 2 niñas de La zona de la montaña guerrerense, el trabajo denominado “*calcita y hematina, cazadores de almas de agua. El enfriamiento radiactivo, una promesa para la obtención de agua.*,” les procuró la mención honorífica del concurso internacional juvenil del agua celebrada en Estocolmo Suecia en 1995, y que la revista, de circulación estatal, Gente Sur (2005: 30-32), recoge en una entrevista lo siguiente:

“Liliana recuerda que una mañana, al dirigirse a la escuela en compañía de Itzel, noto que en el automóvil de su papá se habían formado pequeñas gotitas de agua, y su curiosidad la llevó a preguntarse *cuál era la razón de las mismas*”. Y por otro lado Itzel comenta “yo trabajo en la cooperativa de mi escuela y otra cosa que noté fue que al sacar los refrescos del refrigerador, los envases se empañan. Así nació nuestra idea de aprovechar eso para obtener agua” Con estos ejemplos tenemos indicios de una propedéutica que las alumnas llevaron a cabo en la elaboración de sus experimentos, las condiciones geográficas de su comunidad así como las necesidades apremiantes de la población de conseguir agua fueron dos elementos necesarios: los cuestionamientos que se plantearon y uno más, aprovecharon lo que se les presentaba en la vida cotidiana, estos indicios pusieron a trabajar el aparato conceptual de las alumnas, fueron llevando a cabo un acercamiento paulatino al conocimiento científico mismo que la profesora Duckworth (2000) define como la esencia del desarrollo intelectual y el surgimiento de las ideas maravillosas.

Continuando con la entrevista mencionan: construimos un sistema de placas de calcita y hematina, al que llamamos sistema de placas radiactivas. Esto fue del arreglo vidrio – calcita, vidrio – hematina y vidrio y mineral. Lo dejamos toda la noche en la cancha de fútbol de nuestra escuela, donde se llevó a cabo el procedimiento y obtuvimos que la placa vidrio – hematina logra abatir el punto de rocío y coleccionar 1.5 ml, de agua. Se había generado una nueva tecnología para obtener agua pura, aunque en pocas cantidades, pero se debía tener el

conocimiento acerca de las condiciones ambientales del entorno de su comunidad y de las características de los minerales que estaban utilizando, esto las llevó a plantearse otras preguntas más complejas cuantas más ideas ya se tengan acerca de algo, más ideas surgirán y se podrán coordinar para generar esquemas aún más complejos

El desarrollo de este experimento me parece muy ilustrativo dio inicio el nacimiento de una tecnología de *baja intensidad*<sup>19</sup>, ante el avasallamiento de los modelos de purificación del agua descritos en el capítulo anterior nos permite reconocer que el desarrollo de tecnologías hídras en las instituciones escolares es de suma importancia en el desarrollo y amplitud del conocimiento, es cierto que en las escuelas, sobre todo de educación básica no es posible desarrollar modelos tecnológicos susceptibles de ser aprovechados por la industria, que es a donde finalmente se dirigen estos procesos, aunque no me ocuparé de ellos.

El desarrollo tecnológico de baja intensidad pretende acercar los fundamentos de conocimiento existentes, en este caso las tecnologías de purificación del agua, para que estas sean procesadas en los esquemas conceptuales de los alumnos y docentes y desarrollen a raíz de estas aplicaciones de alta tecnología, sus propios procedimientos técnicos y con ello, progresar en el desarrollo de su habilidades encaminándolos al uso de esos procedimientos y recursos.

No todo puede ser a golpe de imaginación, es decir, esperar a que las autoridades educativas autoricen tal o cual actividad y en ese momento aprovechar la oportunidad para sorprender para dar a conocer en este caso, la novedad de los experimentos imaginarios, sería tanto como trabajar clandestinamente con algo que carecería de importancia a la incorporación de los trabajos en el aula de parte de los académicos. Si las tecnologías de purificación del agua presentadas en el anterior capítulo mostraron la complejidad tecnológica

---

<sup>19</sup> La tecnología de *baja intensidad* conlleva el pensamiento que delinea Kuhn acerca de la verosimilitud, referido a los intentos por acercarse al desarrollo de un *modelo tecnológico modesto* que genere las expectativas para las que se desarrolle, si bien estos acercamientos se van sucediendo a cuenta gotas, es por la falta de recursos de las instituciones como instalaciones y equipamiento tecnológicos, en cambio son susceptibles de desarrollar y generar conocimiento y cambio conceptual en quien los ejecuta como lo hago notar en los ejemplos descritos de este trabajo.

para el desarrollo del proceso de purificación del agua, el experimento imaginario abre la posibilidad de generar nuevas ideas tecnológicas como; la incorporación de procedimientos didácticos para el abordaje de los contenidos de cada asignatura.

Existe una gran posibilidad al integrar al campo de los experimentos imaginarios los procesos tecnológicos de tratamiento de agua, en el que la manipulación de los procesos son factibles de ser desarrollados por los docentes de diferentes disciplinas y alumnos de cualquier grado escolar, los conocimientos que tengan al respecto serían fundamentales para su desarrollo.

Si invitamos a los maestros a que desarrollen una serie de preguntas sobre los procesos de purificación del agua, estaríamos proyectando el conocimiento de los alumnos acerca de estos procesos y fenómenos de las tecnologías del tratamiento de agua para familiarizarlos con ellos, el agua es un concepto que atraviesa todo conocimiento humano. Comenzar a preguntar sobre la naturaleza puede comenzar con preguntas y fenómenos interesantes y familiares para los alumnos, no con abstracciones o fenómenos ajenos a su ámbito de percepción, comprensión o conocimiento que no son ajenos a su ámbito de percepción, comprensión o conocimiento, es necesario que los docentes y alumnos coexistan con los conceptos de purificación del agua y a la postre, poder manejarlos de una forma cotidiana, el interés, la curiosidad y la argumentación acerca de ellos propiciarán un trabajo más riguroso de los temas y tratarán de encontrar respuestas que satisfagan su interés.

Los alumnos y docentes deberán reunir condiciones necesarias para abordar los planteamientos como: investigar, consultar, medir, entrevistar, calcular, elaborar gráficos, fotografiar, desarrollar fórmulas, clasificar sustancias, recurrir a fuentes históricas, consultar libros en otros idiomas, utilizar la computadora, realizar trabajos de campo, informarse sobre tecnologías, sobre materiales, sobre contaminantes, procesos de producción, sobre leyes y reglamentos, por consiguiente, los saberes del agua pueden ser abordados desde la implementación de un experimento imaginario y tener un tratamiento desde diversas concepciones encarando los conocimientos y procesándolos de acuerdo

a su nivel de madurez, y dando a conocer sus resultados con las evidencias halladas en el transcurso de su indagación, interpretándolas con un criterio propio. Sus argumentos son por lo tanto, los razonamientos con los que ha probado una propuesta y que ostentan el nivel de verosimilitud entre las tecnologías de tratamiento del agua y sus indagaciones mismas que le permitieron fortalecer su aparato conceptual.

#### **4.11. La dimensión tecnológica escolar.**

La apropiación tecnológica de todas las actividades de la vida cotidiana problematiza el conocimiento del ser y de las cosas, pero abre nuevas formas de reflexión, de elaboraciones teóricas, de producciones tecnológicas y de la creación de nuevas actitudes hacia la conservación y cuidado de los recursos naturales, definiendo y estrechando la correspondencia interdisciplinaria en la que se formarán profesionistas con una nueva visión ética del mundo.

En una conferencia que dictó George Steiner<sup>20</sup> en la cátedra Ferrater Mora de la Universidad de Girona hizo un comentario acorde a lo que estoy argumentando. Hasta que los estudiantes de humanidades no aprendan seriamente un poco de ciencia, hasta que la gente que estudia lenguas clásicas o literatura española no estudie también matemáticas, no estaremos preparando la mente humana para el mundo en que vivimos.

Si no entendemos el lenguaje de las ciencias, no podemos entrar en los grandes debates que se avecinan. A los científicos les gustaría hablar con nosotros, pero nosotros no sabemos cómo escucharles. Este es el problema. (Fernández, 2006: 363), Steiner señala una verdad universal, a un problema contemporáneo, la sociedad actual está inmersa en el complejo tecno-científico y necesita de soluciones racionales de los grandes temas socio-culturales y ético-políticos que se presentan cotidianamente, ya no sólo es suficiente considerar el progreso

---

<sup>20</sup> Filósofo francés, crítico literario y de la cultura, que en su juventud convivió con Einstein y Oppenheimer en la Universidad de Princeton, menciona que la ciencia y la tecnología se hayan hecho mucho más emocionantes que el ámbito de las humanidades, al decir que son más modestos los científicos que los hombres de letras.

humano desde la perspectiva positivista del desarrollo científico – tecnológico, es necesario interactuar en el conocimiento cultural para superar el cientificismo, y para ello la escuela debe transitar en los desafíos que la sociedad le impone.

Sin una cultura científica y tecnológica el debate público sobre ciertas cuestiones se ve limitado, la ciencia es parte sustancial de la vida cotidiana, un importante número de discusiones requieren de ciertos conocimientos del estado que guardan determinadas disciplinas (hidráulica, ecología, salud, medio ambiente, biología, física, etc.) de ahí la urgencia de los conocimientos necesarios.

Los mecanismos tecnológicos de la planta purificadora de agua *Bio light* nos remiten a reconocer que la escuela está completamente ajena a los sistemas tecnológicos que se utilizan para el consumo de bienes, la planta purificadora se convierte así en una muestra de adopción tecnológica, y por ende participar de los conocimientos, los procesos, tecnologías, su organización, su distribución y comercialización, es decir, la escuela puede compenetrarse en un proceso de visualización que le permita incorporar transformaciones de la aprehensión perceptivo – discursiva y discursiva - perceptiva al tener contacto con objetos tecnológicos construidos en diferentes sistemas semióticos. La aprehensión de la percepción inicial de los modos tecnológicos de la planta purificadora pasa a un modo de controversia de los saberes formales de aprehensión discursiva y a otros sucesivamente.

Como ya lo mencioné, los conocimientos científicos y tecnológicos permean los distintos aspectos de la vida en general, las aplicaciones tecnológicas en la actualidad transforman radicalmente las condiciones de vida, manifestándose en bienestar y confort para la población, pero en la educación básica hemos detectado un aumento de la presencia de contenidos científicos, que, sin embargo, los estudios se fundamentan en una base de análisis interno. Los cursos que se desarrollan en educación básica, para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación primaria, se llevan cabo cada año, se analizan los propósitos fundamentales de la enseñanza de las ciencias y el papel que cumple el docente en la promoción de la cultura científica, así como la naturaleza del

conocimiento científico y sus aplicaciones en el proceso enseñanza aprendizaje, como lo serían el papel de las ideas previas y el error en la enseñanza de la ciencia, son conducidos por profesores que son elegidos por las autoridades educativas mediante invitación y en el que la capacitación hacia los conductores es verdaderamente pobre o en su caso nula, algunas veces por la falta de materiales, que no llegan a tiempo o por la improvisación de ciertas temáticas que se relacionan con el curso.

Como vemos la formación de los conductores y docentes en ciencia y tecnología, para estos cursos que tienen un carácter nacional, carecen de contacto con las diversas realidades en estas áreas para el enriquecimiento en la formación de sus educandos, si se tratara de potenciar la presencia de la ciencia y la tecnología, habría de acrecentar el interés por ella en el educando acercándolo a la comprensión e interacción de los fenómenos que se le presentan en su medio ambiente tanto social como cultural así como la identificación de tecnologías que en su entorno se le presentan.

Sin embargo, a pesar de que la tradición internalista de los análisis sobre la ciencia y la tecnología van siendo contestadas en los ámbitos académicos, las concepciones descontextualizadas de estas siguen dominando la organización curricular de la enseñanza de los contenidos en los sistemas educativos (Gordillo & Cerezo, 2000:47). El desarrollo de la ciencia y la tecnología escolar se ha llevado a cabo en una dimensión intramuros, el desarrollo del pensamiento científico y la creación tecnológica se ha llevado a cabo sin el contacto con los fenómenos y mucho menos con los problemas y necesidades sociales que gravitan al rededor de la escuela y que sin embargo ésta permanece indiferente a esa dinámica en la que se desenvuelve.

La ausencia de propuestas en estas áreas se convierte en caldo de cultivo para la crítica avasallante de las disciplinas críticas y que en nada contribuyen a la transformación de esa realidad de ahí que la escuela deba participar en la conformación de propuestas concretas que le permitan un acercamiento a la ciencia, la tecnología y la sociedad. En el contexto escolar los estudiantes deben



conocer los conceptos y teorías de actualidad y relacionarse con su entorno natural, de no ser así el diseño del currículo del profesor se perfilará a conocimientos abstractos y enciclopédicos completamente ajenos a los intereses de los estudiantes.

En la triada ciencia, tecnología y sociedad, al parecer, existe en los ámbitos escolares una ausencia de estos aspectos, es imprescindible intensificar los esfuerzos encaminados a transformar la imagen social y escolar de las actividades en ciencia y tecnología en sintonía con esos planteamientos críticos (Gordillo & Cerezo, 2000:47), lo que se pretende, entonces, es hacer énfasis en que el currículo escolar se incorpore a los nuevos cambios que en ciencia y tecnología se están dando, por otra parte, dar voz a los profesores, el espacio visio-discursivo, sobre sus concepciones que tienen sobre su atmósfera social, cultural, científica y tecnológica, evitando con ello el verbalismo académico, criticado pero no sometido, y que los discursos tecno-científicos dejen de ser palabras estelares, como lo definió Carrizales, palabras sin sentido, palabras vacías, y entonces permitir el desarrollo de actitudes, valores y habilidades en los alumnos.

El profesor, por tanto, deberá impulsar que alumno esté atento a los cambios constantes que los desarrollos tecnológicos se inserten en lo social pero también buscar esa constante en el involucramiento del estudio de su entorno natural, tener esa comprensión del mundo de su espacio tecno científico actual tampoco es fácil, considero que ni el más estudioso de estas formas de conocimiento lo tiene, sería muy ilusorio pensar que el profesor o el alumno lo tuvieran y que de golpe el estudiante pudiera asimilar y conocer lo que a la humanidad le ha llevado siglos conformar.

Por otra parte, el introducirse en el espacio tecno-científico es no desconocer el papel que desempeña estar incluidos en un sistema económico capitalista y que en el caso de nuestro país se le denomina por las potencias capitalistas como economía emergente, no se puede pasar por alto que las leyes del mercado imponen criterios de desarrollo tecnológico, y en donde esta es inseparable del

desarrollo industrial y donde el aspecto de la tecnología es un asunto desatendido, si bien el asunto tecnológico ha tenido un carácter conflictivo entre ella y la sociedad es indudable que ambas se necesitan, es ilegítimo extraer una conclusión de que existe una sintonía perfecta entre la lógica del desarrollo tecnológico y las leyes del mercado (Quintanilla, 2005: 63).

La escuela tendría que reconocer que también está inmersa en esta lógica, lo podemos palpar en la tendencia consumista que lleva a cabo la sociedad y que bajo el capitalismo se ha adulterado abriendo las puertas al bienestar y la belleza, sometiéndola al imperativo de la oferta y la demanda, por lo que es necesario impulsar en los planes y programas de estudio de las instituciones el conocimiento más profundo de su entorno, la adquisición de los conocimientos tecnológicos deberá adquirirllos mediante la experimentación directa de los fenómenos que desea conocer. El acercamiento a los espacios de aplicación tecnológica le permitirá al alumno esa posibilidad, una de ellas es la *mesa de hidrólisis y el medidor de partículas (DTS)*, instrumentos que utiliza el encargado de la planta purificadora *Bio light*, más que nada, para convencer a sus consumidores sobre la calidad del agua que la planta produce y que en este trabajo utilicé como modelo tecnológico y para corroborar que las tecnologías que gravitan en el espacio geográfico y social de la escuela son susceptibles de ser atrapadas y modificadas en los espacios educativos, considero que llevar estos elementos tecnológicos a los procesos curriculares propician el desarrollo del conocimiento.

## Consideraciones Finales.

El trabajo realizado lleva a cabo una serie de acciones que se trazan en una interacción entre los docentes, con las formas de conocimientos que la circundan, si bien las representaciones sociales nos permiten hacer cortes de la realidad en el que se desenvuelven, permitió, también, relacionar los conocimientos dispersos sobre el agua en una propuesta que involucra una serie de saberes posibles de adecuarse a los esquemas curriculares de las instituciones, aquí cabe mencionar las participaciones de dos escuelas una de media superior y otra de media básica, en las que se llevaron a cabo diversos talleres en torno al tema abordado, sin mencionar que se contó con la participación de los niveles de preescolar y de primaria,

La indagación permitió ubicar el agua desde una perspectiva holística, es decir, no se transitó desde una visión exclusiva del mecanicismo científico que hubiera encajonado al trabajo a un tratamiento exclusivo de las ciencias exactas dejando de lado el contexto sociocultural del cual se encuentra permeado, considero que un aspecto importante en el desarrollo de los capítulos es la recolección de información de diversos aspectos, sociales y tecnológicos que se desarrollan a lo largo del mismo y que permiten ser incorporados al espacio curricular, la variedad de información que gravita entorno al ámbito escolar nos ofrece un mosaico de lecturas de actualidad, en este aspecto el agua se convierte en un tema que atraviesa una gran cantidad de esferas de conocimiento, su tratamiento en este sentido rescata la connotación social pero también la problemática presente y la aprehensión del potencial educativo que contiene .

El diálogo de saberes en la búsqueda de conocimientos a través de la recuperación del entramado social disperso se vuelve el alimento que nutre los espacios de los saberes escolares por una parte el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 en el eje de la política No.3 del subtema 3.3 transformación educativa menciona “La educación es un gran motor para estimular el crecimiento económico, mejorar la competitividad e impulsar la innovación”. Para esto, los programas de estudio deben ser flexibles y acordes a las necesidades cambiantes del sector productivo y a las expectativas de la sociedad.

Los métodos educativos deben reflejar el ritmo acelerado del desarrollo científico y tecnológico y los contenidos de la enseñanza requieren ser capaces de incorporar el conocimiento que se genera constantemente auxiliándose de las tecnologías de la información.

Asomarse a esta ventana implica observar, desde el discurso pedagógico de la práctica educativa horizontes alternos que enriquecen y dan sentido a lo que hemos dejado desapercibido, el entendimiento del agua se ha llevado a cabo desde diferentes posiciones como; la filosofía, la química, la física, la sociología, la antropología, la economía, la salud, biología, el deporte, la educación especial, hasta las estéticas y las artes, en este sentido los espacios escolares han quedado al margen de tales discusiones , pareciera ser que este tipo de conocimientos se les confiere a los especialistas.

Las disposiciones “oficiales” para abordar en las instituciones actividades el asunto del agua se reducen al desarrollo de actividades que no pasan de recortes de revistas y periódicos para ser pegados en el periódico mural y alguna información a manera de efeméride en los actos cívicos, la riqueza de su conocimiento científico, tecnológico, social y cultural se transforma en una acción meramente administrativa, el docente percibe como algo ajeno a su trabajo y lo convierte en una carga más a la que comúnmente se simula.

Los contenidos escasamente incorporan temáticas del agua, no es menester llevar a cabo una saturación del currículo con este recurso ni mucho menos perturbar la dinámica de contenidos programáticos, el objetivo es acompañarlos desde la práctica escolar, resulta conveniente tener presente el bagaje de conocimientos de los docentes. los discursos que se asocian a problemáticas que atañen a las comunidades y que se presenta algunas de manera administrativa, de infraestructura y de carácter ambiental, en este tenor las informaciones que advierten de problemas a futuro de muy corto plazo, como la escasez de agua, lluvias atípicas, sistemas hidráulicos, inundaciones, aprovechamiento de aguas residuales, conflictos por el agua, que se abordan en el primer capítulo de éste

trabajo pudieran ser susceptibles de analizar en los espacios escolares, ya que representan un saber de actualidad y la cual la escuela ha permanecido distante.

En los talleres llevados a cabo en instituciones de diferentes niveles educativos se resalta la dificultad para considerar el agua como un recurso que alberga un sin número de bondades para su potenciación pedagógica y la relevancia que esta tiene en el abastecimiento de nuestro país lo cual apenas es presentado en los textos escolares.

En un primer acercamiento, hago patente la existencia de hechos y fenómenos que ocurren en la naturaleza, identificando las relaciones entre ellos indagando los efectos que producen esas relaciones en la búsqueda de explicaciones de cierto grado de generalidad. Percibir la problemática cotidiana del agua me ubica en reconocer la importancia que esta tiene en el desarrollo económico, político, cultural y educativo de una cuenca, en la que interaccionan millones de personas.

Dentro de las características físico-químicas y biológicas del agua, se detecta la urgencia de implementar modelos de limpieza que permitan aprovechar las aguas residuales que transitan en el Valle de México. La cultura por el cuidado del agua se ve únicamente desde las campañas que se transmiten por televisión aparejadas por una serie de comerciales para su consumo, los problemas de hundimiento de ciudades por la desmedida explotación de los mantos acuíferos aunado al acelerado crecimiento poblacional y en consecuencia el aumento del parque vehicular, por una parte ha afectado los mantos subterráneos de agua y por el otro ha perjudicando extensas zonas de bosque y de cultivos que las constructoras de casas habitación han adquirido para la construcción de unidades habitacionales.

La contaminación del agua y la atmósfera se incrementa día a día, las características geológicas de un determinado lugar han cambiado y los problemas para sus habitantes se multiplican; las actividades humanas que se desarrollan en la cuenca tienen su impacto sobre la calidad de las aguas y sobre los mismos cursos de los ríos (volcado de desechos industriales y domiciliarios ) Impacto que

no solo deviene en verdaderas catástrofes ambientales (inundaciones, origen de enfermedades, bruscos cambios climáticos) sino que a mediano y largo plazo, pueden acarrear profundas transformaciones en las condiciones de vida de sus habitantes.

El conocimiento de estas situaciones ofrece una perspectiva que sin duda brinda la oportunidad de incorporar a la institución con aspectos relevantes de la vida social contemporánea; su estudio garantiza el entendimiento del origen de sus causas. La problemática social del agua es un fenómeno de lo cual la escuela no puede estar ajena, sino por el contrario se debe tomar conciencia del sentido de la realidad que nos aqueja, que nos agobia y en consecuencia, nos proyecta a entender y juzgar las acciones que circundan nuestro espacio de convivencia social.

En la práctica áulica el libro de texto se convierte en el elemento más utilizado por el profesor que al seguir una línea dictada por la autoridad educativa se presenta como un instrumento que ofrece una alta resistencia para su modificación, lo cual convierte al tema del agua como tarea pendiente para su inserción en el currículo escolar. Ahora bien, el conocimiento científico, tecnológico, humanístico, sigue siendo un conocimiento verbal, el papel de los docentes es el de dar a conocer tal o cual tema y el papel de los alumnos el escuchar y copiar. Si de lo que trata aprender, entonces, lo que gravita en el entorno social del alumno lo convierte en un sujeto capaz de asimilar conocimientos que le permitan ser eficaz, competente y lograr las capacidades indispensables para sortear y resolver obstáculos que la vida cotidiana le presente.

El conocimiento de la estructura química del agua determina su composición y condiciona sus notables propiedades microscópicas. Propiedades que, debido a lo habituado que estamos a convivir con ellas, despiertan en la mayoría de nosotros muy pocas sorpresas e interrogantes. Además de los aportes que este trabajo hace al conocimiento de los modelos físico-químicos que explican los fenómenos asociados con el comportamiento del agua en la naturaleza y el laboratorio, se constituye en un interesante ejemplo de cómo la tarea de indagar

científicamente lo cotidiano lleva implícita su desnaturalización y su transformación en objeto de estudio. Problematizar y sorprenderse ante lo evidente es una de las actitudes científicas que los docentes debieran transmitir a los alumnos.

El educando por consiguiente se convierte, así, en un factor de cambio y de intercambio, donde éste no sólo requiere el conocimiento de conceptos que la escuela le atribuye, sino de una amplia gama de elementos que le brindan los espacios sociales, científicos, culturales, tecnológicos, políticos, lúdicos, económicos, artísticos, conflictivos, de valores, que le permiten construir ideas, opiniones y juicios sobre sus concepciones no solo en el conocimiento del agua sino en la toma de conciencia sobre ella.

No estoy hablando, por consiguiente, de una especie de tragedia pedagógica, si no de impulsar la actitud de estar en contacto con los diversas formas del conocimiento que se manifiestan fuera de las paredes que conforman un salón. Es no tener encadenado y recluido el interés por el conocimiento que se convierte en el caldo de cultivo de la memoria verbalista que irremediablemente lo conllevan al adoctrinamiento.

La búsqueda de conceptos en el saber del agua ha hecho propicio la consulta de textos que al parecer son completamente ajenos a los discursos de las escuelas. El conocimiento, entonces, sobre este recurso se vuelve un proceso de construcción gradual, ya que en los procesos de construcción del conocimiento no existe un inicio y mucho menos una meta final, lo imperante es un proceso de avance continuo que se prolongue por el tiempo necesario para que el sujeto pueda registrar conductas, transformaciones e interacciones.

Por otra parte me propuse aportar al discurso tecnológico de la educación las posibilidades de interacción entre las formas tecnológicas que están presentes en los espacios urbanísticos de las comunidades y su contribución al currículo escolar, como una forma de enriquecer el modelo. Por tratarse del agua como eje transversal no dejé pasar por alto lo que en lo cotidiano se consume y que remite

a un conjunto de cuestionamientos que se desarrollan en el tercer capítulo de este trabajo, introduciéndome en el espacio tecnológico de una planta purificadora de agua.

Considero que ésta investigación aporta una serie de elementos tecnológicos que se perciben como ajenos a los contenidos curriculares. Contar con esa valiosa información me obligó a profundizar sobre mis conocimientos en diversas áreas no sólo de mi formación sino de otras especialidades que parecieran “impropios” al discurso docente y que sin embargo en los talleres llevados a cabo con profesores de distintos niveles educativos, se aceptaron como partes fundamentales en el enriquecimiento de las distintas asignaturas.

En ese reclamo, el cual tiene tintes de carácter internacional, el desarrollo de tecnologías escolares, se ve frenado por una serie de situaciones que ya lo sabíamos de antaño, la falta de actualización de profesores, la desvinculación de programas de formación docentes con la educación básica, la falta de una política de ciencia y tecnología que impregne todo el sistema educativo, la falta de recursos económicos mínimamente para acceder a la información de las tendencias y avances tecnológicos en la industria, las Tics, la medicina, no se han podido implementar como una necesidad nacional, al menos no lo veo por el momento.

Sin embargo, existe la parte periférica de la sociedad de la cual la escuela puede nutrirse, en este caso con el acercamiento a una planta purificadora pude percatarme que en ella subyacen discursos tecnológicos que se pueden exportar hacia las escuela, así como procesos tecnológicos susceptibles de desarrollar sin necesidad de hacer de lado el desarrollo curricular “oficial”.

A grandes rasgos se llevó a cabo la aplicación de un micro modelo tecnológico, que se desarrolla en el capítulo III de este trabajo, que permitiera al docente poder comprender la magnitud de una serie de procesos tecnológicos con un recurso natural, que en la realidad ha sido relegado de su incorporación curricular; los conceptos como filtro multimedia, carbón activado, intercambio iónico, osmosis



inversa y ozonificación gravitan en los espacios tecnológicos de los establecimientos que utilizan el agua para su comercialización, sin tener un significado tecnológico para el comprador, todo está mediatizado mediante la propaganda que los medios de comunicación llevan a cabo para el consumo indiscriminado del agua embotellada, luego entonces, ese significado tecnológico es el que he aprovechado para llevarlo como una propuesta de conocimiento al espacio educativo, no precisamente como un asunto meramente del dominio tecnológico, sino también, en el reconocimiento de la dinámica cultural y social que cada comunidad aporta y que puede ser aprovechada para su estudio y comprensión.

Este micro modelo tecnológico se denomina “mesa de hidrólisis” , una manera de entenderme con los docentes lo fue el poder “ver” el “contenido” de sales del agua, todos sabemos que se compone de dos átomos de hidrógeno por uno de oxígeno, y que sirve para saciar nuestra sed y que al paso del tiempo se nos ha informado mediante algunos textos escolares y algunas informaciones escasas, de los medios de comunicación, sobre la incorporación de contaminantes en el agua. La idea de visualizar radicó en presentar mediante un proceso de electrólisis y una serie de planteamientos orientados a los docentes que me permitieran conocer sus conocimientos previos sin importar la asignatura que estuvieran impartiendo ni su formación profesional.

Esta actividad la considero de gran valor porque fortalece mi pregunta inicial al constatar que el eje agua nutre las diversas esferas del conocimiento que atraviesan el currículo escolar y crean una convicción en el docente de la posibilidad del estudio e incorporación del agua a sus programas de estudio, pero no solo eso, la novedad tecnológica de la mesa de hidrólisis, por decirlo así, ha logrado apoyar el trabajo colaborativo entre los profesores, al vincular sus asignaturas con algunos proyectos relacionados con el agua o en la gestión de colaboración con dependencias especializadas para su aprovechamiento y eso es una novedosa aportación de este trabajo.

La metodología para acceder a los conocimientos previos que sobre el agua mostraron los docentes fue, a través de preguntas y respuestas, era importante averiguar las ideas de ellos para avanzar a partir de lo que no saben, esta indagación nos condujo a la explicitación y toma de conciencia de las ideas del docente y la asimilación de los comentarios de los otros, de sus divergencias y coincidencias, de sus fuentes de información y de cómo logran socializar sus distintas posturas sobre el agua.

En el asunto del diálogo de saberes se fue aclarando el panorama, al escuchar sus ideas estas se enriquecieron al vertir sus opiniones desde su formación profesional, que sin esto, permitió plantear inquietudes de su entorno social y natural, planteando compromisos y acciones para incorporar en sus planes de clase las actividades de participación que habrán de realizar en coordinación con sus alumnos para avanzar en el conocimiento sobre el agua.

El agua como eje transversal tiene la potencialidad de impregnarse en todos los contenidos del currículo, por su gran importancia en la supervivencia de los seres vivos, gravitan en ella los legados culturales, científicos y tecnológicos que dieron sentido a la humanidad, lo que permite su adecuada vinculación con diversos sectores de la vida académica de las instituciones. En la actualidad enfrentamos una serie de problemáticas que repercuten enormemente en las actividades de nuestra vida diaria: la pobreza, el deterioro ambiental, la salud, violencia, corrupción, escasez de agua, calentamiento global, consumismo, etc., nos percatamos de estos pero permanecemos indiferentes ante ellos, es como si el currículo nos dijera a través de la escuela que no es asunto suyo que responde únicamente a políticas gubernamentales y privadas.

Los ejes transversales atraviesan el currículo, lo dimensionan, permiten que este se ponga en tensión sin afectar su estructura, es decir, sus contenidos no pasan desapercibidos, por el contrario, son enriquecidos por el aporte de la bonanza que representa, transforma al currículo en un instrumento que regula y organiza los procesos educativos de la escuela con su entorno social, el eje transversal, por tanto, reorienta el papel de la educación en su proyección social.

Las inquietudes sociales, concebidas como conflictos por el agua, permiten a la escuela examinar lenguajes informales que se le presentan en la cotidianeidad de forma difusa en su entorno sociocultural permitiéndole tomar conciencia de la realidad de su medio circundante.

El eje transversal agua está encaminado a proyectar y comprender la problemática que representa en la actualidad, así como la intervención de la escuela en la vigilancia, prevención, corrección y mejora de este recurso, asumiendo que es un bien común, se requiere forjar una educación que incorpore referentes o pautas que orienten el entendimiento al reconocimiento de algo valioso como el agua, solo así la escuela proyectará su compromiso a lo social, este es el escenario deseable.

Si la necesidad de desarrollar competencias en educación, el eje transversal agua tiene la capacidad de poder lograr procesos de reconstrucción que el sujeto realiza en la acción sensible que ejerce recíprocamente con su entorno. El docente, en este sentido, favorece las condiciones para el progreso del alumno en tal reconstrucción. Para desarrollarlas, el estudiante, por tanto, debe tener la vivencia y el contacto con los desarrollos que se manifiestan en las afueras de su espacio educativo; es apropiarse de otros espacios, es la extensión del espacio exterior, mediante la observación de los acontecimientos que se dan extramuros para estudiarlos, conocer sus reacciones y sus efectos, formularse cuestionamientos, anticipar posibles respuestas, confrontar sus ideas. Se pretende que el tema agua incorpore un conjunto de elementos disponibles en el medio que le permitan al sujeto el desarrollo de actitudes, aptitudes, habilidades, conocimientos y valores, posibilitándolo para enfrentar diversos obstáculos con buenos resultados.

La incorporación en este trabajo de la estructura de los experimentos imaginarios a los discursos tecnológicos escolares, en la disputa del legado Galileano del derrocamiento del sistema empirista aristotélico, el sistema heurístico de Galileo conlleva a una entronización de las ideas, son estas las que se incorporan a esta propuesta, es decir, si los saberes del agua gravitan en órbitas ajenas a la dinámica educativa, la función del eje transversal sería el de lograr compenetrar un espacio curricular donde el agua tuviera la capacidad de resistir la inestabilidad que el carácter oficial le confiere a la estructura del currículo oficial.

El experimento imaginario da forma y contenido teórico al desarrollo de tecnologías escolares. He abordado el tema del agua y su relación con su aportación tecnológica justificando su incorporación a los procesos educativos en una dimensión más pedagógica, sin las complejidades epistemológicas, que son muy enriquecedoras, pero que no centran el interés de los docentes, el terreno de las ideas son las que en un momento se han reflexionado en los talleres impartidos con buenos resultados.

## BIBLIOGRAFIA.

- ALVAREZ**, J. L (2007). *Cómo hacer investigación cualitativa*. Fundamentos y metodología. México: Paidós educador.
- ANTON**, D (2000). *Sequía en un mundo de agua*. Uruguay: Piri-Guazú.
- BARKIN**, D. (2005). *La gestión del agua en México*. En Por un modelo público de agua. Triunfos, luchas y sueños. España: El viejo topo.
- BAZANT**, S. J. (2001), *Periferias urbanas. Expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente*. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México: Trillas
- BELMONTE**, M. (2008). *Mapas conceptuales y uves heurísticas de Gowin. Recursos e instrumentos psicopedagógicos*. España: Ediciones Mensajero.
- BREÑA PUYOL**. A. F. (2007). *La problemática del agua en zonas urbanas*. En Morales, N. J. A. & Rodríguez, T. L (editores).Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. Universidad Autónoma Metropolitana. (pp. 79). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- CABALLERO**, A. T (2007). *Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- CARBONELL**, J. (1994). *La invención de lo clásico*. Monográficos transversales. Cuadernos de pedagogía No. 227 (pp. 9). España.
- CARRILLO** González, Graciela. (2006). *El agua en el sector agropecuario Mexicano*. En Constantino,T. R. M (coordinador) Agua, Seguridad Nacional e Instituciones. Conflictos y riesgos para el diseño de las políticas públicas (pp. 80-81). México:UAM-XOCHIMILCO.
- CASSIRER**, E.(2006). *Antropología filosófica*. México: F.C.E.
- CASTAÑEDA**, V. (1997). *Gestión integral de los recursos hidráulicos, en Bases para la planeación del desarrollo urbano de la Ciudad de México*. (pp.69-70) T, II. México: Porrúa,
- CASTORINA**, J. A., & **KAPLAN**, C. A (2003). *Las representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles*. En Castorina, J. A (compilador). Representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles. España: Gedisa editorial.
- DARLING**, H. L (2002), *El derecho de aprender. Crear buenas escuelas para todos*. México: Biblioteca para la actualización del maestro. SEP.
- DE MARSILY**, G (2004), *El agua*. México: Siglo XXI editores.
- DOMÉNECH**, X. (2000), *Química de la hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes*. Madrid, España: Miraguano ediciones.
- DOOLITTLE**, W. E (2004).*Canales de riego en el México prehistórico. La secuencia del cambio tecnológico*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- DUCKWORTH**, E (2000). *Cuando surgen ideas maravillosas. Y otros ensayos sobre la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- ESPINOZA**, B. J. J. (2007). *Apuntes sobre lo imaginario: triángulo, guerra y estadio*. En Taracena, R. E (compiladora). Problemas sociales, de salud y educación (pp. 25). Un enfoque cualitativo de investigación. Taracena, E (Compiladora). México: UNAM-FESI.
- FABBRI**, P (2000). *El giro semiótico*. España: Gedisa, editorial.

- FERNANDEZ, B, F** (2006). *Perdurar en un planeta habitable. Ciencia, tecnología y sostenibilidad*. Barcelona, España: Icaria, ecología humana.
- FULLAN, M. H. & HARGREAVES, A** (1999) *La escuela que queremos. Los objetivos por los que vale la pena luchar*. México :Biblioteca para la actualización del maestro. SEP.
- GARCÍA, M. M. D R** (1992). *Contaminantes tóxicos prioritarios en agua*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- GARCIA, H** (1991). *El investigador del fuego*. México: Pangea.
- GARRITZ, R. A. & CHAMIZO, J. A** (1989), *Del tequezquite al ADN, algunas facetas de la química en México*. México: Fondo de cultura económica.
- GENTE SUR**, (2005). Revista de publicación mensual. México: Gente Sur ediciones.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO**. (1999). *Nomenclátor de localidades del estado de México* (1999), Toluca, edo., de México: Instituto de información e investigación geográfica estadística y catastral.
- GONZALEZ, A. A** (2006). *El agua en el sector agropecuario Mexicano*. En Constantino, T. R. M (coordinador) Agua, Seguridad Nacional e Instituciones. Conflictos y riesgos para el diseño de las políticas públicas (pp. 75). México: UAM-XOCHIMILCO.
- GONZALEZ, A. A** (2007). *Demanda de agua por la industria manufacturera del área metropolitana del Valle de México*. En Morales, N. J. A. & Rodríguez, T. L (editores).Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. Universidad Autónoma Metropolitana. (pp. 219).México: UAM-XOCHIMILCO.
- GORDILLO, L** (2000). *Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS y su implantación educativa*. En Medina, M & Kwiatkowska, T (coordinadores). Ciencia, tecnología/naturaleza, cultura en el siglo XXI. México: Anthropos.
- GRAY, N. F.** (1994). *Calidad del agua potable. Problemas y soluciones*. Zaragoza, España: Acibia, S. A.
- GUERRA, L. E. & STEFANI, G** (2004), *La globalidad de lenguajes. Antropología, semiótica, pedagogía*. México: CONACULTA – INAH.
- GUERRERO, T. M** (2003), *El agua*. México: Fondo de cultura económica.
- GUTIÉRREZ, P. J** (1997), *La educación ambiental. Fundamentos teóricos, propuestas de Transversalidad y orientaciones extracurriculares* Madrid, España: Editorial la muralla.
- HAKEN, H., Hofstadter, D. R., Mandelbrot, B., Margalef, R., Moulines, C. U., Okubo, A., Wunderlin, A.,** (1990), *Sobre la imaginación científica*. Barcelona, España: Tusquets editores.
- HALL, E. T.** (1976). *La dimensión oculta*. México: Siglo XXI editores.
- HENGER Y SMITH.** (2006). *Ciencia Ambiental*. China: MacGraw- Hill.
- INEGI** (2005). *Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana*. México.
- KOYRÉ, A.** (1994). *Pensar la ciencia*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.
- KUHN, T. S.** (1996), *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. México: Fondo de cultura económica.
- LARA, R. F.** (1998). *Tecnología, conceptos, problemas y perspectivas*. México: Siglo XXI editores.
- LEFF, E.** (2007). *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Uruguay: PNUMA-UNESCO.

- LEJARZA y RODRIGUEZ.** (2006). *El amazonas y la contaminación. Una controversia sobre agua, industrialización y ecología.* En Gordillo M.M. (coord.), Controversias Tecnocientíficas. Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores (pp. 77). Barcelona, España. Octaedro OEI.
- LEGORRETA, J** (2006), *El agua y la ciudad de México. De Tenochtitlán a la Megalópolis del Siglo XXI.* México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- LESUR, L** (2004). *Purificación del agua.* México: Trillas.
- LEVI, E** (2001). *El agua según la ciencia.* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- LOTMAN, Y. M** (1998). *La semiosfera II.* España: Frónesis.
- LUGO H. J** (2004), *El relieve de la tierra y otras sorpresas.* México: Fondo de cultura económica. México.
- MARTÍNEZ A, P. F** (2007), *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México.* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- MARTINEZ, S. F.** (2008). *La emoción.* En Palmero, F & Martínez, S. F. (coordinadores), Motivación y emoción (pp.27-30). España. McGraw-Hill.
- MAZARI, M** (2000), Dualidad población – agua. Inicio del tercer milenio. México: El Colegio Nacional.
- MEINARDI, E** (2009). *Educación en ciencias.* Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM.** 160-SSA1-1995. MEXICO,
- ONDARZA, R. N** (2005), *El impacto del hombre sobre la tierra.* México: Trillas.
- PALERM, Á** (1973). *Obras hidráulicas prehispánicas, en el sistema lacustre del Valle de México.* México: SEP-INAH.
- PNUD.** Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2005). *Informe Sobre desarrollo humano. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua.* Nueva York, USA: Un plaza.
- PNUMA** (2006). *Perspectivas de la educación ambiental en Ibero América. Conferencias del V congreso iberoamericano de educación ambiental.* Brazil: Joinville.
- PORTO-GONCALVES, C. W** (2006), *El desafío ambiental. Pensamiento ambiental latinoamericano.* México: PNUMA.
- QUINTANILLA, M.A** (2005). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología.* México: Fondo de Cultura Económica.
- REEVE, J** (2010). *Motivación y emoción.* México: McGraw-Hill.
- SALA C. J** (1994), *Ciencia y técnica en la metropolización de América.* Madrid, España: Editorial doce calles.
- SEMERNAT** (2007). *Estadísticas del agua en México.* México: Comisión Nacional del Agua.
- SEP** (1997). *Ciencia: conocimiento para todos., Proyecto 2061. American Association for the Advancement of science.* México: Biblioteca del normalista.
- SERRA, P. M. C** (1998), *Los recursos lacustres de la cuenca de México durante el formativo.* México: Instituto de investigaciones antropológicas, UNAM.
- SHELDRAKE, R** (1994). *El renacimiento de la Naturaleza.* España: Paidós contextos.
- SPELLMAN, F. R. & Drinan, J** (2004), *Manual del agua potable.* Zaragoza, España: Acirbia,
- TARACENA, R. E** (2007). *Problemas sociales de salud y educación. Un enfoque cualitativo de investigación.* México: UNAM-FESI.
- THOM, R** (1997). *Estabilidad estructural y morfogénesis.* España: Gedisa.

**THULLIER, P.** (1998) *De Arquímedes a Einstein*. México:Alianza editorial.

**TORTOLERO, V. A** (2000), *El agua y su historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI*. México: Siglo veintiuno editores.

**VARGAS Y PIÑEIRO.** (2005). *El hidroscoPIO*. Uruguay: PNUMA-UNESCO.

**WAGENSBERG, J** (1990). *Sobre la imaginación científica*. Barcelona, España: Tusquets.

**YUS, R** (2006), *Temas transversales: Hacia una nueva escuela*. Barcelona, España: Grao.