



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE POSGRADO MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PEDAGOGÍA

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO ECIT PARA
LA ASIGNATURA DE CIENCIAS I (CON ÉNFASIS EN BIOLOGÍA) DE NIVEL SECUNDARIA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN PEDAGOGÍA

PRESENTA:

BEATRIZ EUGENIA GARCÍA RIVERA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. LETICIA GALLEGOS CÁZARES

MÉXICO, D. F.

FEBRERO 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Para Raúl y Saúl:

Esto, como cada instante de mi vida, lo comparto con ustedes.

Incluso en estos tiempos...

Mochis y Doro:
Su amor, confianza y apoyo sin condiciones me han permitido llegar aquí.

Ness:
Feliz porque sé que estás a mi lado, y que aún nos falta mucho, mucho más.

Caro:
Sabes lo que esto significa y que eres parte fundamental en mi vida.

Hugo:
Sé lo orgulloso que estás, espero seguir dándote motivos.

Danny, Loli, Clony y Cami Rococó:
Mis rayitos, su presencia y sonrisas son mi fuente de felicidad.

Teresita:
Imagino lo feliz que estarías.

Roge:
Haces mejores los buenos momentos y más sencillos los malos.

Rosario:
Como parte de mi familia estás, por fortuna siempre estás.

Mi agradecimiento y cariño para todos ustedes.

Agradecimientos:

A mi directora de tesis, Dra. Leticia Gallegos Cázares, quien ha creído en mí, me ha enseñado, apoyado e impulsado en todo momento.

Al Dr. Fernando Flores Camacho, por sus enseñanzas, sus consejos y su apoyo.

A los doctores Andoni Garritz Ruiz, Alejandra García Franco y Ma. Xóchitl Bonilla Pedroza, por sus valiosas aportaciones en la revisión de este trabajo.

A mis amigos y compañeros del Grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias, del CCADET, UNAM, que me han compartido sus ideas, intereses, diversiones y sonrisas, lo que ha hecho muy placentero este tiempo:

Ale, Elena, Martha, Sheila y Xóchitl.
Héctor, Humberto, José, Lalo, Manolo, Oliver, Toño.

A todos los profesores y alumnos de las escuelas No. 8 “Pablo Gómez Burgos” y No. 13 “Rosario Castellanos” de Cuernavaca, Morelos; No. 7 “Nidia Betancourt de Ayala” y No. 24 “Luis Álvarez Barret” de Mérida, Yucatán, quienes participaron en el desarrollo de este trabajo.

Con mi especial agradecimiento y cariño para los profesores Marlene Canto y David Conde, de Mérida, y Lizett Cervantes y Patricia, de Morelos, por todo el esfuerzo y dedicación para concretar este proyecto.

A Cari, Hila y Florencia:
Me han hecho sentir querida y como en casa.

A todos mis amigos, que de alguna u otra manera han estado en todo momento junto a mí.

**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO
ECIT PARA LA ASIGNATURA DE CIENCIAS I (CON ÉNFASIS EN BIOLOGÍA) DE
NIVEL SECUNDARIA**

Índice	Página
Antecedentes	1
Capítulo 1.	
Descripción general del modelo ECIT para Ciencias I	3
Descripción del programa de ciencias en la educación secundaria	4
Modelo pedagógico ECIT	8
<i>Perspectiva epistemológica</i>	8
<i>Perspectiva de aprendizaje</i>	11
<i>Ideas previas</i>	11
<i>La importancia de las teorías implícitas</i>	13
<i>La existencia de representaciones múltiples</i>	15
<i>El cambio conceptual: una propuesta para comprender el proceso de aprendizaje en las ciencias</i>	16
<i>Los modelos mentales</i>	20
<i>Perspectiva tecnológica</i>	21
<i>El papel del aprendizaje colaborativo</i>	24
<i>La figura del docente y de los alumnos</i>	26
Capítulo 2.	
Las experiencias ECIT	29
<i>La sección del alumno</i>	32
<i>El portafolio del alumno</i>	33
<i>La página del profesor</i>	33
<i>El libro para el maestro</i>	33

<i>La figura del profesor en ECIT</i>	34
<i>Las experiencias ECIT de Ciencias I</i>	35
Capítulo 3.	
Descripción de una experiencia ECIT: “Respiración y cuidado de la salud”	37
Contenido de las actividades y las ideas de los alumnos después de haber trabajado en el aula	40
<i>Actividad 1. ¿Cuándo respiramos?</i>	40
<i>Actividad 2. Aire que entra y aire que sale, ¿qué es?</i>	42
<i>Actividad 3. ¿A dónde va el oxígeno?</i>	44
<i>Actividad 4. ¿Para qué necesitan oxígeno las células?</i>	46
<i>Actividad 5. ¿Qué hay en el aire que respiramos?</i>	47
<i>Actividad 6. Tabaco, atracción fatal</i>	50
<i>Aplicación Problema 1. ¿Quién padece qué?</i>	51
<i>Aplicación Problema 2. A favor o en contra</i>	53
Capítulo 4.	
Conclusiones	54
Referencias bibliográficas	57

Antecedentes

El proyecto Enseñanza de las Ciencias con Tecnología (ECIT) inició en febrero de 2004, como respuesta de la Dra. Leticia Gallegos, a la solicitud de la Secretaría de Educación Pública (SEP), a través del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), de generar una propuesta educativa que apoyara a las asignaturas de ciencias del nivel secundario y que incluyera el uso de diversas herramientas tecnológicas, tomando en cuenta las nuevas demandas educativas de la sociedad actual. Este trabajo formaría parte de proyectos antecedentes desarrollados en la SEP diseñados para la enseñanza de las matemáticas (EMAT) y la física (EFIT) con el uso de tecnología. El ECIT debía además constituir una herramienta de apoyo para estudiantes y profesores del nivel secundaria en cada una de las tres materias de ciencias.

Esto sirvió como punto de partida para que se conformara un equipo de trabajo para cada asignatura, los cuales estuvieron coordinados por la Dra. Gallegos. El grupo de Biología, en el cual participé, se encargó de analizar el programa de la asignatura, identificar recursos didácticos que fueran útiles para abordar los distintos temas y, apoyados por un grupo de programadores y diseñadores, generar los materiales y actividades que están propuestos en el modelo ECIT. Además, se trabajó con los profesores de Biología de las cuatro escuelas participantes en la etapa piloto y se hizo el seguimiento de las aplicaciones con alumnos y las posteriores adecuaciones identificadas a partir de las observaciones en aula, aspectos que se describirán mayormente en el contenido de este documento.

Después de tres años de desarrollo, pruebas y adecuaciones, el modelo ECIT se concretó como una serie de secuencias de aprendizaje, llamadas experiencias, cada una integrada por un conjunto de actividades que abordan parte del contenido temático de cada uno de los bloques del programa de secundaria para las distintas asignaturas (biología, física y química). Se presenta como un material digital que está cargado en la computadora y que permite a profesores y estudiantes tener organizado todo el contenido de la asignatura por bloques y sus respectivas experiencias, para

que los alumnos (organizados en equipos) trabajen por sesión cada una de las actividades. El trabajo realizado se recupera mediante la generación de portafolios electrónicos que son almacenados en la misma computadora y a los que se puede tener acceso cuantas veces sea necesario.

Capítulo 1.

Descripción general del modelo ECIT para Ciencias I

Desde sus inicios, la propuesta se basó en los nuevos programas de estudio para Secundaria (SEP, 2006), esto es, el diseño del modelo ECIT incorporó el enfoque, el desglose de contenidos conceptuales, y la explicitación de los aspectos procedimentales, valorales y actitudinales, mediante la incorporación de aprendizajes esperados. Esto llevó a abrir espacios de flexibilidad e integración orientados a recuperar intereses y necesidades educativas de los adolescentes, por medio del trabajo en proyectos, que son parte de este plan. Cuando se inició este proyecto, la propuesta de la reforma estaba en la etapa de terminación, por ello el ECIT fue transformándose junto con el programa de secundaria. Si bien esto constituyó algunos problemas de articulación en ciertos momentos, también es cierto que ECIT fue la primera aplicación e interpretación del programa que los profesores participantes en el proyecto conocieron, lo que permitió al equipo de diseño y desarrollo hacer los ajustes necesarios para ajustarse al nuevo programa de ciencias.

Como parte del desarrollo de las experiencias de aprendizaje, se realizaron pruebas piloto en cuatro escuelas secundarias públicas del país. Dos ubicadas en Cuernavaca, Morelos, la No. 13 “Rosario Castellanos” y la No. 8 “Pablo Gómez Burgos”, y dos más en Mérida, Yucatán, la No. 7 “Nidia Betancourt de Ayala” y la No. 24 “Luis Álvarez Barret”. Para esta tarea se contó con el apoyo de profesores de Biología, Física y Química, uno por cada escuela y materia, quienes fueron capacitados como parte integral del proyecto y contribuyeron en el desarrollo del mismo. Los profesores aportaron sus observaciones y comentarios sobre los materiales en cada curso de capacitación y durante la fase de acompañamiento que le seguía, comentarios que fueron tomados en cuenta en su gran mayoría y constituyeron un importante apoyo en el desarrollo del proyecto. Por escuela, un grupo de cada grado participó en el pilotaje. Las escuelas brindaron todas las facilidades para ajustar horarios y contar con los espacios que se solicitaron para su realización, y para dar el seguimiento adecuado. En cada escuela se instaló un aula ECIT, con equipo de cómputo nuevo (diez

computadoras y una impresora) y todo el material de laboratorio que se requería para la realización de las actividades del proyecto. El proceso de capacitación de los profesores abarcó seis talleres a lo largo de dos años, en cada ocasión los materiales desarrollados eran trabajados en el taller, discutidos y observados en las dinámicas de clase que se sugerían, y considerados en el diseño de un plan de clase con el que los profesores llegaban a sus respectivas aulas acompañados por dos integrantes del equipo ECIT como apoyo para trabajar con los alumnos. Todo esto como parte del desarrollo de la etapa de pilotaje, en la que los profesores fueron elementos fundamentales.

En apartados siguientes se hace una presentación del modelo ECIT, que incluye los diversos elementos que fueron considerados para su desarrollo: enfoque del programa de ciencias en secundaria, el marco teórico en el que está fundamentado el modelo (integrado por tres perspectivas: epistemológica, del aprendizaje y tecnológica), la estructura de las experiencias y materiales desarrollados, además de la descripción del contenido de las actividades de una experiencia y las ideas que los alumnos, que participaron durante la fase piloto en Mérida, Yucatán, expresaron después de trabajarla durante una semana en el aula.

Descripción del programa de ciencias en la educación secundaria

El plan curricular de la Reforma de la Educación Secundaria 2006 plantea un nuevo tratamiento de las ciencias naturales, por lo que en lugar de las asignaturas Introducción a la Física y a la Química, Biología, Física y Química y las tres horas semanales que se tenían por curso, ahora se consideró la asignatura Ciencias (con énfasis en Biología, Física y Química), impartida en los tres grados de la secundaria. Como parte de sus propósitos, la propuesta plantea la necesidad de ayudar al alumno a construir los conocimientos científicos que pudieran integrarse con otros campos del saber y que requirieran el manejo de habilidades, valores, actitudes y conocimientos útiles, de tal forma que fue necesario que los conceptos se asociaran con la práctica y la acción, y que las nociones abstractas se relacionaran con

situaciones, experiencias, emociones y sentimientos que fomentaran vínculos personales con los temas. Dicha propuesta señala además que, sobre una plataforma conceptual básica, en los tres cursos se acentuará su carácter formativo y el fortalecimiento de los procedimientos, valores y actitudes que se desarrollan a lo largo de la educación básica, aunque por supuesto cada curso mantuvo un conjunto específico de conceptos básicos que definen el énfasis diferenciado por grados.

El programa también propone un acercamiento a la línea curricular de Tecnología, por lo que se favorece la vinculación de los conceptos científicos con necesidades o problemáticas socioambientales y además con aspectos tecnológicos, elementos que son indispensables para la construcción de posibles alternativas de solución. Por ello, mediante el desarrollo de proyectos, se buscó que los estudiantes pudieran resolver situaciones problemáticas relevantes para la sociedad, que les presentaran desafíos cognitivos, todo mediante actividades flexibles que promovieran en los alumnos una actitud activa y el interés por aplicar sus aprendizajes en forma integrada, en términos de competencias (SEP, 2006).

De acuerdo con los programas de estudio para Secundaria (SEP, 2006, p. 21), entre los propósitos de la enseñanza de las ciencias en este nivel, está el que los estudiantes:

- Fortalezcan su concepción de ciencia, en la que incluyan sus procesos e interacciones con otras áreas del conocimiento, además de la reflexión de los impactos sociales y ambientales que genera. Esta concepción implica que la ciencia es resultado de un proceso histórico, cultural y social, por lo que está en transformación continua.
- Mejoren su comprensión acerca de las explicaciones y argumentos de la ciencia acerca de la naturaleza, mediante el desarrollo de conceptos, habilidades y actitudes, con los que pueden tener una visión interdisciplinaria de los conocimientos biológicos, físicos, químicos y tecnológicos, e integren lo que saben para entender mejor los fenómenos naturales de su entorno.

- Profundicen en el conocimiento que tienen acerca de los seres vivos, al reconocer e identificar sus características, las que pueden relacionar con su experiencia personal, familiar y social, esto les permitirá conocer más de sí mismos y de su lugar entre los seres vivos, así como de la responsabilidad que tienen al interactuar con el entorno, y sobre su participación activa en la promoción de la salud y la conservación del ambiente, tomando como base el desarrollo sustentable.

El enfoque de enseñanza propuesto en el currículo contempla el análisis y tratamiento de los contenidos dentro de contextos específicos que favorecen la relación de la ciencia con la tecnología y la sociedad, además de que implica el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes, también considera al alumno como centro de los procesos de enseñanza y aprendizaje (dentro de la perspectiva constructivista, misma que sustenta los nuevos programas de secundaria; SEP, 2006).

En el caso particular de la asignatura Ciencias I con énfasis en Biología, se retoman los conocimientos que tienen los alumnos en torno a las características de los seres vivos a partir de su análisis comparativo, para avanzar en las explicaciones de la diversidad biológica como resultado de la evolución. Se plantea una visión integral del funcionamiento de los seres vivos, centrada en tres procesos: nutrición, respiración y reproducción, dirigidos a fortalecer la perspectiva intercultural, la promoción de la salud y el cuidado del ambiente. También se analiza y reflexiona la relación entre ciencia y tecnología y se valoran sus implicaciones en términos de sus beneficios y riesgos desde la perspectiva social y ambiental, que busca la construcción de un concepto de ciencia, ligada a la satisfacción de las necesidades humanas (SEP, 2006).

Si bien es cierto que el enfoque y los propósitos planteados por este programa tienen como objetivo brindar a docentes y alumnos mayores oportunidades para abordar los temas de ciencia y estructurarlos de manera tal que pueda lograrse una integración conceptual más robusta y clara, que permita que los alumnos puedan transferir su conocimiento a diferentes situaciones y contextos, también es necesario destacar que

para alcanzar esto no basta con dar una organización distinta a los programas, sino que además es indispensable apoyar al programa generando nuevas propuestas didácticas, que estén fundamentadas y que partan de los supuestos teóricos y prácticos que de acuerdo a la investigación sobre enseñanza de las ciencias son importantes para alcanzar una mejor comprensión conceptual y, por consiguiente, la construcción de conocimiento más sólido y cercano a las teorías científicas.

Fue así como, a partir del análisis y la interpretación que se hizo del programa para Secundaria 2006, y con la intención de generar un modelo didáctico que sirviera a los profesores y alumnos, se desarrolló el ECIT, como una herramienta de apoyo en la labor del docente, que coadyuva a modificar la dinámica del aula y el aprendizaje de los alumnos, donde el estudiante deja de ser simple receptor de información y toma parte activa de su aprendizaje, trabajando en equipo con sus compañeros, para abrir un espacio donde sus ideas y conocimientos puedan ser expresados, confrontados y analizados con sus pares, teniendo como guía las actividades del ECIT y como moderador al docente.

Sobre la premisa de que la base de la educación científica es la formación y desarrollo de conceptos, habilidades y actitudes, ECIT responde a estas demandas al apoyar el aprendizaje de los estudiantes con un modelo pedagógico que propone diversos medios de experimentación ligados a diferentes demandas cognitivas, que favorecen la construcción y reestructuración de ideas sobre determinados fenómenos cotidianos. Dentro de un entorno tecnológico, el modelo da la posibilidad de que los estudiantes trabajen con imágenes, animaciones y simulaciones que están relacionadas y situadas en una fenomenología posible (un modelo científico) y que tienen la intención de apoyarlos a generar esquemas de representación y relación de variables con los cuales puedan lograr el análisis de sus concepciones y la reconstrucción de los conceptos científicos.

Modelo pedagógico ECIT

El marco teórico en el que se sustenta este proyecto está integrado por tres perspectivas, necesarias en todo proceso educativo para la enseñanza de las ciencias: la perspectiva epistemológica, la perspectiva del aprendizaje y la perspectiva tecnológica. Cada una de ellas contribuye desde su línea de estudio, a enriquecer el currículo con diversos aspectos psicopedagógicos, epistemológicos y sociales implicados en la formación científica básica de los alumnos de secundaria, los cuales tienen que ver con la forma en que el conocimiento se construye (teorías y conceptos científicos de las disciplinas dentro de una comunidad y sus transformaciones en el tiempo), con los procesos cognitivos y psicológicos implicados en el desarrollo conceptual de los sujetos en lo individual, así como las herramientas, símbolos y nuevas formas de representar los fenómenos, que permiten generar diferentes formas de interpretación y de construcción del conocimiento (Gallegos, 2006).

Perspectiva epistemológica

Para los investigadores del área, docentes y alumnos suele ser claro que enseñar ciencias no es una tarea sencilla, y muestra de ello son los bajos niveles de aprovechamiento de los alumnos, así como los resultados que obtienen en diferentes evaluaciones tanto nacionales como internacionales, además del frecuente desinterés o rechazo hacia estas materias, entre muchos otros problemas asociados a la enseñanza de las ciencias. Pero esto no es una situación reciente, por lo que dentro de la investigación educativa se han buscado diferentes caminos para encontrar algunas estrategias o formas en la que se pueda ayudar a los alumnos a comprender los conceptos científicos que se les enseñan en el aula, es por ello que actualmente, el enfoque constructivista ha servido de base para que a partir de sus supuestos se intenten generar procesos de enseñanza y aprendizaje en los distintos campos educativos, incluido desde luego el de la enseñanza de las ciencias.

La idea básica del constructivismo es que aprender y enseñar, no son procesos de repetición y suma automática de conocimientos, sino que implican transformar la

mente de quien aprende, puesto que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos (Pozo, 1998). Driver (1986) resumió así las principales características de este enfoque desde el punto de vista didáctico/pedagógico:

- Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia para alcanzar nuevos aprendizajes.
- Encontrar sentido supone establecer relaciones: los conocimientos que pueden conservarse permanentemente en la memoria no son hechos aislados, sino aquellos muy estructurados y que se relacionan de múltiples formas.
- Quien aprende construye activamente significados.
- Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

Es importante por tanto, considerar las bases de la posición constructivista, que son fundamentalmente epistemológicas, y no son tan recientes como pudiera suponerse, puesto que Kant (1724-1804) es considerado como el precursor del constructivismo, mientras que la heurística y la fenomenología alemanas también contribuyeron a este enfoque, con autores como Dilthey (1877-1911) y Husserl (1859-1908). Por su parte, Kuhn (1962) analiza la relación que existe entre la “ciencia normal” y las maneras que se emplean para enseñar ciencia, y que ambas muestran una visión dogmática de la ciencia. Más recientemente, Bachelard en 1993 aborda, mediante lo que llama “obstáculos epistemológicos”, el problema que tienen los sujetos en la construcción de las nociones científicas, tanto para comprender como para desarrollar el conocimiento científico. Autores como Flores (2000 y 2004) han mostrado la influencia que, en la enseñanza de las ciencias, ha tenido la visión de Lakatos (1970) acerca de cómo partes o elementos de teorías anteriores son incorporadas a las nuevas, generando con esto un proceso de evolución de las teorías científicas, y cómo las ideas y postulados que Thomas Kuhn (1962) presenta en su libro “La estructura de las revoluciones científicas”, fortalecen una visión distinta de la ciencia, con un carácter dinámico y provisional, de naturaleza histórica y cultural.

Además de esto, tenemos la epistemología genética desarrollada por Piaget (1970), la cual señala que los conocimientos se generan no sólo de los objetos mismos, sino de las acciones ejercidas por el sujeto sobre éstos, así como de las propiedades que dichas acciones agregan a los objetos, donde la experiencia no es vista como una copia perceptiva del objeto, sino como el resultado de la interacción entre el sujeto y el objeto, y se convierte, por tanto, en el factor determinante del desarrollo de las estructuras cognitivas del sujeto. Podemos decir entonces que las experiencias sirven para construir nuestra interpretación de la realidad, para generar nuestro conocimiento, que está basado en la reflexión y toma de conciencia.

Al unir en la enseñanza de las ciencias los supuestos epistemológicos y la psicología genética dentro de la posición constructivista, es preciso buscar las estrategias adecuadas que permitan enseñar a través de su carácter histórico y provisional, permitiendo que los alumnos participen en el proceso de elaboración del conocimiento científico, generando los ambientes y situaciones que les ayuden a expresar sus dudas, inquietudes o incertidumbres, para que también ellos puedan abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación. (Pozo 1998). Pero lograr esto no es tarea sencilla, sobre todo si se toma en cuenta que los estudiantes cuentan con un resistente y amplio bagaje de concepciones acerca de los fenómenos y procesos que les son familiares y que provienen tanto de sus experiencias cotidianas (muy centradas en lo que perciben con sus sentidos) como de clases que han tenido previamente o son consecuencia del manejo del lenguaje común, y aunque son parcial o completamente alejadas de las concepciones científicas, no son simples ideas confusas, sino que constituyen marcos de referencia muy consistentes y coherentes, arraigadas en fuertes convicciones o creencias de los sujetos, con un alto poder explicativo, conocidas como ideas previas o concepciones alternativas (Glynn y Duit, 1995), sobre las que se abordará más en el apartado siguiente.

Perspectiva de aprendizaje

Como ya ha sido mencionado, el constructivismo reconoce la existencia de las ideas previas y todos los problemas que éstas conllevan dentro de la enseñanza, por lo que ha habido múltiples intentos en la investigación para proponer metodologías para su abordaje y manejo, entre los que se pueden citar el papel de la historia de las ciencias en su enseñanza, las condiciones contextuales en la construcción de las ideas previas, modelos conceptuales y el cambio conceptual (Flores, 2000). Para ampliar el panorama con relación a esto, a continuación se presenta una síntesis de la investigación acerca de las ideas previas.

Ideas previas

Desde los trabajos pioneros de Piaget e Inhelder en los años setenta del siglo XX, respecto a las nociones que los niños construyen acerca de los fenómenos, y posteriormente con las investigaciones de autores como Driver y Easley (1978), Viennot (1979) y McDermott (1984), se destacó la importancia que tiene en la enseñanza de las ciencias el conocer las concepciones que los estudiantes elaboran con relación a los fenómenos y conceptos científicos, y que en la gran mayoría de los casos son alejadas de las concepciones o teorías científicas. El papel que juegan estas concepciones en la educación continúa siendo altamente relevante, lo que puede verse reflejado en las distintas investigaciones, currículos, materiales educativos, etc., que las consideran y emplean para proponer modelos educativos.

En la literatura es posible identificar diversas acepciones que se han dado a las ideas que construyen los sujetos acerca de los fenómenos naturales, entre ellas encontramos “errores conceptuales” (Doran, 1972), “concepciones espontáneas” (Pozo y Carretero, 1987), “teorías implícitas” (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991), “teorías en acción” (Karmiloff e Inhelder, 1974; Driver y Erickson, 1983) “concepciones alternativas” (Abimbola, 1988; Gilbert y Swift, 1985), etc., y esto tiene que ver principalmente con la posición que adoptan los investigadores sobre la construcción del conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje. En este documento se

empleará el término “ideas previas”, bajo la consideración de que no todas ellas son erróneas y su formación o construcción es independiente de la educación formal.

Las ideas previas pueden definirse como construcciones individuales, que el sujeto estructura a partir de interpretaciones, explicaciones, predicciones y organización que da a los fenómenos naturales y a los conceptos científicos, originadas muchas de las veces como resultado de la experiencia de la vida cotidiana. Tienen un carácter universal, ya que se ha identificado que son compartidas por personas de diferentes edades, género y culturas, además de ser sumamente resistentes al cambio, aún después de años de escolaridad. Entre sus principales características pueden citarse el que se originan como resultado de la interacción espontánea con el ambiente y al estar estrechamente relacionadas con los fenómenos naturales, forman conjuntos de ideas coherentes construidas a partir de las experiencias cotidianas; son resultado de procesos y estrategias mentales que responden a las necesidades constructivas de los escenarios cotidianos, pero pueden distar mucho de las que se utilizan para construir el conocimiento científico (Carey, 1991; Gallegos, 1998; Pozo y Rodrigo, 2001).

En numerosas investigaciones, las ideas previas han mostrado su resistencia al cambio y lo difícil que resulta eliminarlas o transformarlas, ya que compiten con los conocimientos científicos que se pretende que los estudiantes construyan, por lo que terminan siendo un fuerte obstáculo para el aprendizaje. Las ideas previas han sido analizadas desde diversos campos y se han concebido como entidades aisladas (Mortimer, 1995), como redes conceptuales más amplias o incluso como parte de teorías más generales, tal es el caso de Carey (1991) y de Pozo y Rodrigo (2001), entre otros.

Flores (2004) presenta una revisión sobre el cambio conceptual y en ella cita la posición que toman diversos autores con relación a las ideas previas, como son Vosniadou e Ioannides (1998), Carey (1991) y Karmiloff-Smith (1991), para quienes las ideas previas no son entidades aisladas, sino que están organizadas en estructuras conceptuales mayores o más complejas, por lo que llegan a constituir modelos o

representaciones del mundo, que permanecen implícitas en la mente de los sujetos. Estas representaciones son estructuras mentales que tienen consistencia en un dominio de fenómenos representados mentalmente y en un principio explicativo alrededor de los mismos (Carey, 1991; Gallegos y Garritz, 2004). Por su parte, Vosniadou (1994) utiliza el término “marcos explicativos coherentes”, con lo que define a las teorías construidas por los niños para interpretar los fenómenos y situaciones cotidianas y que son explicaciones coherentes y directamente relacionadas con los fenómenos observados.

Siguiendo la línea de que las ideas previas constituyen sistemas organizados de información, Pozo y Rodrigo (2001) plantean que las ideas previas o concepciones alternativas de cada sujeto se estructuran y organizan formando teorías implícitas, las cuales dan sentido al mundo que nos rodea, tanto antes como después de la educación formal, porque son representaciones restringidas, que se conforman a partir de ciertos principios generales que les proporcionan una determinada organización y coherencia representacional. Bajo esta perspectiva, una teoría implícita se construye a través del aprendizaje implícito, y de acuerdo con Reber (1993) es un conocimiento que se logra sin que el sujeto de manera consciente realice esfuerzos para lograrlo y sin que exista un conocimiento explícito sobre lo que aprende. Por esto se considera que muchas de las representaciones cotidianas de los sujetos son, obviamente personales y resultado de un aprendizaje implícito (no consciente), que se alcanza por la exposición repetida a determinadas situaciones o fenómenos, en los que se repiten ciertos patrones, por lo que muchas veces dichas representaciones son contrarias a las representaciones explícitas o conscientes que se tienen (Pozo, *et al.* 2006).

La importancia de las teorías implícitas

Dentro de las características de las teorías implícitas hay que considerar que son anteriores en su filogénesis a las teorías explícitas (esto se debe a que son compartidas por todas las especies y por están relacionadas principalmente con el aprendizaje asociativo y la detección de variaciones ambientales) y en su ontogénesis (ya que en el desarrollo cognitivo se generan antes del aprendizaje explícito), lo que

las lleva a ser independientes de otras funciones cognitivas y de la edad. También son independientes de la cultura y de la instrucción, ya que es un sistema universal que no presenta grandes diferencias individuales, son además más duraderas y económicas y se alcanzan aún sin la intención de aprender, con falta de atención o motivación, se mantienen por mucho más tiempo y son más robustas porque no se pierden por amnesia u otras lesiones o disfunciones cognitivas (Pozo, *et al.* 2006).

Sin dejar de lado estas ventajas cognitivas, uno de los principales problemas de las teorías implícitas, que tiene que ver con las dificultades para conocerlas y transformarlas, es precisamente su naturaleza no conciente, lo que dificulta la posibilidad de ser comunicadas o compartidas, ya que seguramente están representadas en códigos no formalizados, no compartidos, por lo que cuando se hace un intento (consciente) por explicitarlas, se incide directamente en la representación, lo que provoca su modificación y transformación, originando lo que Karmiloff-Smith (1992) definió como redescrición representacional (Pozo, *et al.* 2006).

Todo esto nos lleva a considerar que si las ideas o concepciones de los alumnos forman parte de estructuras cognitivas mayores (las teorías implícitas), es necesario repensar la manera en la que se busca incidir en ellas para transformarlas, lo que implica desarrollar estrategias que lleven a los estudiantes a lograr cambios representacionales, consecuencia de una verdadera redescrición representacional, en la que se incluyan los principios básicos que sustentan a las teorías implícitas, que comprenden el aprendizaje asociativo o por repetición, además de un proceso consciente de construcción, con esfuerzos deliberados por explicitar y jerarquizar dicho conocimiento para, de acuerdo con Karmiloff-Smith (1992), contar con una nueva teoría o sistema de conocimiento que les proporcione un nuevo significado, más cercano a la teoría científica que se analiza. Para lograr esta transformación, es necesario tomar en cuenta que las teorías implícitas se sustentan en principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales y hay que buscar también su explicitación y transformación (Pozo, *et al.* 2006).

La existencia de representaciones múltiples

Por otro lado, al señalar que una persona puede tener diferentes representaciones o interpretaciones alternativas, se está considerando que hay una fuerte dependencia del contexto en el que éstas generan, así como de los elementos con que cuenta el sujeto para construir dichas interpretaciones. Para analizar esto, es necesario tomar en cuenta las propuestas de diferentes líneas de investigación en educación, que coinciden en afirmar que los estudiantes construyen diferentes modelos o representaciones de los fenómenos y conceptos científicos. Entre ellas puede citarse a la fenomenografía, propuesta por Marton (1981), la cual reconoce que los individuos tienen diversas formas de experimentar los fenómenos, y por tanto, pueden tener diferentes concepciones (en este caso, representaciones), las que aplican o utilizan dependiendo del contexto en el que se encuentren. Mortimer (1995) es otro de los autores que apoyan la existencia de formas diferentes de pensar dentro de distintos dominios, sus fundamentos derivan del filósofo francés Bachelard (1984), quien propuso el término *perfil epistemológico* para describir el perfil que puede generarse a partir de las categorías epistemológicas que una persona tiene de acuerdo a las diferentes maneras en que comprende un concepto, y que utiliza, entre otras cosas, dependiendo del contexto en el que se desenvuelve, de su experiencia y del conocimiento que tiene sobre el tema (García y Flores, 2004). Los trabajos acerca de la influencia del contexto de Taber (2001) e Ivarsson, Schoultz y Säljö (2003), así como los de Flores y Gallegos (1998, 1999) y Gallegos (2002) sobre distintas aproximaciones de la fenomenología específica, fortalecen la propuesta de considerar la existencia de las representaciones múltiples en los sujetos.

Sin embargo, para resolver el problema del aprendizaje no es suficiente tener un mayor conocimiento acerca de la forma en que están estructuradas y organizadas las ideas o teorías de los alumnos, sino que además es indispensable tomar en cuenta las propuestas que existen para modificarlas y transformarlas en ideas, conceptos y representaciones mucho más cercanas a las de la ciencia, aspectos que en esencia han sido considerados del campo del cambio conceptual.

El cambio conceptual: una propuesta para comprender el proceso de aprendizaje en las ciencias

Definir el cambio conceptual puede resultar sencillo, basta con mencionar que es la transformación de las ideas o representaciones que construyen los sujetos en su interacción cotidiana con la naturaleza hacia ideas o representaciones que estén mucho más cercanas a las concepciones científicas. Se basa en la idea de que el aprendizaje parte de concepciones existentes y que los patrones de aprendizaje que deben seguirse tienen que ser diseñados para lograr que dichas concepciones sean llevadas hacia las concepciones científicas que se desean enseñar. Sin embargo, esta definición no hace más que abrir la puerta a una amplia gama de posiciones y modelos acerca de cómo lograr esta transformación.

Existen diversos modelos sobre cambio conceptual, pero todos parten del trabajo realizado por Strike y Posner (1982), quienes son considerados los pioneros dentro de este campo y cuya postura contempla la transformación de las ideas previas por los conceptos científicamente aceptados. Los trabajos acerca de la filosofía de la historia de la ciencia de Kuhn (1962) y Lakatos (1970) (dos autores con visiones epistemológicas diferentes, pero que coinciden en la idea de que las teorías científicas se transforman como consecuencia de cambios radicales en sus ideas centrales o paradigmas, proceso conocido como “revoluciones científicas”) sirvieron para que Strike y Posner extrapolaran cuatro condiciones que deben cumplirse para que se logre el cambio conceptual: debe existir una insatisfacción con las ideas propias, se requiere contar con una nueva concepción que pueda ser entendible (inteligible), esta nueva concepción tiene que ser plausible (aceptable) desde el inicio y, debe ser aplicable a distintas situaciones o fenómenos (fructífera). Este modelo ha permitido el desarrollo de otros posteriores, donde se considera que: “el aprendizaje puede concebirse como un proceso de cambio conceptual, éste es un proceso mental del sujeto, que implica la transformación de distintos aspectos conceptuales y que requiere de un tiempo que no puede ser determinado, pero que por lo común no es corto” (Flores, 2004, p. 257).

Además Strike y Posner recuperan la propuesta de Piaget sobre la acomodación (que busca explicar cómo el nuevo conocimiento se incorpora a la estructura conceptual de los sujetos), y proponen que el cambio conceptual se da mediante dos procesos que son co-dependientes:

- Asimilación: Es un aprendizaje que no requiere una mayor revisión de la estructura conceptual, por lo que es incorporado sin problemas.
- La acomodación, proceso complejo y largo que implica reestructuraciones conceptuales a gran escala para obtener una nueva concepción, y en el que el sujeto necesita equilibrar la estructura conceptual que posee.

Otras teorías sobre cambio conceptual son las propuestas por Susan Carey (1991), que considera tres procesos: diferenciación (de los conceptos), coalescencia (integración de significados distintos en uno nuevo) y el cambio de una propiedad simple a una relación; Michelene Chi (Chi, 1992, Chi y Roscoe, 2002) quien señala que existen tres categorías ontológicas: materia, eventos y abstracciones, donde los sujetos clasifican sus propias concepciones, por lo que cuando una concepción está clasificada dentro de la categoría incorrecta, se considera como preconcepción, mientras que cuando se requiere una reasignación entre las categorías ontológicas, se trata de errores conceptuales; Stella Vosniadou (1994, 2003) que considera que el cambio se da de forma gradual y que depende de las circunstancias del contexto en que se presenta, por lo que puede haber un significado sintético, pues la nueva información es incorporada de manera parcial a la teoría generada por el propio individuo, y este primer marco va modificándose a lo largo de los años, mediante la incorporación de nuevos significados sintéticos.

Todas estas propuestas sobre cambio conceptual consideran tanto el resultado que se obtiene, como el proceso de aprendizaje que se emplea para lograrlo, por ello es conveniente destacar la función del conflicto cognitivo, modelo basado en la teoría de Piaget y retomado en las condiciones propuestas por Strike y Posner, y que implica producir situaciones que favorezcan la comprensión por parte del alumno de que existe un conflicto entre su idea sobre un determinado fenómeno y la concepción

científicamente correcta (primer paso propuesto hacia un cambio conceptual). Desde luego que existen posiciones encontradas sobre la función del conflicto cognitivo, ya que por un lado autores como Hawkes (1992), Kind (2004), Nussbaum y Novick (1982), Mulford y Robinson (2002), han puesto en evidencia que los resultados de estrategias de enseñanza basadas en conflictos cognitivos no han sido exitosas (ya sea porque los alumnos no detectan inconsistencia en sus ideas, hacen a un lado las evidencias que los llevan al conflicto, o porque simplemente modifican la información recibida para ajustarla a sus propios esquemas de pensamiento), mientras que por otro lado hay quienes resaltan el papel que cumple el conflicto en los alumnos, pues tal como señala Fosnot (1989) el aprendizaje ocurre "a través de la reflexión y la resolución del conflicto cognitivo que pone en evidencia los niveles de comprensión inapropiados por parte del alumno".

Por su lado, Pozo (1996) considera que producir un cambio conceptual implica:

- Transformar los conceptos que ya poseen los alumnos y no sólo proporcionar nuevos, pues para abandonar sus ideas, el alumno debe contar con una teoría que dé mejores respuestas a sus interrogantes, hay que hacerle reconocer las virtudes de la nueva teoría.
- Generar el conflicto en los alumnos para que comprendan la superioridad de la nueva teoría que se les propone.
- El alumno debe tomar conciencia de su propio conocimiento, pues la reflexión será fundamental en el aprendizaje de conceptos científicos.

Los modelos dirigidos a generar el cambio conceptual comparten la necesidad de iniciar la actividad de los alumnos con la explicitación de sus ideas previas, para después conducirlos hacia una toma de conciencia a partir de la aparición de contradicciones en sus estructuras al ser enfrentados con diversos conflictos y con la búsqueda de soluciones a partir de sus ideas y de la nueva teoría que se les presenta, por lo que hay que integrar procesos de aprendizaje tanto asociacionistas como de reestructuración, ya que una vez que se logra una reestructuración de las ideas o

teorías, pueden presentarse nuevos conflictos que provoquen una nueva toma de conciencia o mantener dos teorías coexistiendo juntas (Pozo, 1996).

Esto permite pensar que el desarrollo de actividades que promuevan el conflicto cognitivo en los alumnos puede ser conveniente y exitoso, siempre y cuando dichas estrategias les ayuden a ser conscientes de sus propios conocimientos y que les permitan reflexionar sobre ellos, en las que estén presenten factores que den una verdadera posibilidad de reorganizar sus experiencias hacia un razonamiento y conocimiento científico, como son: el apoyo del profesor, materiales adecuados para este análisis, espacios donde sus ideas o preguntas sean compartidas y discutidas con sus pares, así como consideraciones sobre el contexto de aplicación.

Investigaciones sobre cambio conceptual apuntan que los estudiantes explican los fenómenos naturales dependiendo de las cuestiones que se les preguntan o a partir del contexto fenomenológico (Flores y Gallegos, 1999). Además, Pozo, Gómez-Crespo y Sanz (1999) encontraron en investigaciones hechas con alumnos que van de los doce años hasta universitarios, que problemas similares presentados en distintos contextos permiten distintas posibilidades de interpretación, por lo que hay que resaltar que un cambio conceptual no es necesariamente un cambio de un tipo de representación a otra, puesto que puede darse el caso de que coexistan de forma paralela diferentes representaciones que corresponden a tareas diferentes.

Por su parte, Carey (1985) señala que existen dos tipos de reestructuración, una débil en la que hay nuevas relaciones conceptuales y nuevos conceptos, pero el núcleo central de los conceptos no se altera y por lo tanto no hay cambio conceptual; mientras que una reestructuración fuerte cambia la teoría y todos los conceptos asociados a ella, y es entonces cuando se da un cambio conceptual, ya que están implicadas modificaciones en el dominio de los fenómenos explicados, en la naturaleza de las explicaciones y en los propios conceptos.

El cambio conceptual no puede verse como la sustitución de unas ideas erróneas por otras científicamente correctas, ya que de acuerdo con Pozo y Gómez Crespo (1998) y con Pozo y Rodrigo (2001) es necesario adoptar modelos más complejos, basados en la redescrición representacional o integración jerárquica de unas representaciones más simples (las teorías implícitas) en otras estructuralmente más complejas (las teorías explícitas), que muchas veces continúan siendo de naturaleza implícita. Estos autores señalan además que para lograr este cambio representacional, se requiere generar la transformación de unas representaciones en otras y promover el establecimiento de nuevas relaciones entre ellas, con la intención de permitir un uso más consistente y coherente de las mismas. El cambio implicaría una reconsideración, y por lo tanto una reestructuración, por procesos de aprendizaje explícitos de las teorías implícitas, ya que de acuerdo con Pozo y Rodrigo (2001) el cambio conceptual debe ser visto como un ajuste e integración de esas representaciones entre sí, como la multiplicación de las representaciones que el sujeto tiene para un dominio de conocimiento dado, debe ser concebido como el incremento de las representaciones con que cuenta y que le servirán para ampliar su repertorio de modelos. Conviene entonces, plantear no un cambio conceptual sino un cambio representacional, tanto en la naturaleza, como en el formato de las representaciones mentales para un dominio dado.

Los modelos mentales

Si el cambio conceptual es planteado en términos de cambio representacional, es importante considerar los modelos mentales, que para diversos autores son representaciones que median entre el conocimiento previo del mundo (las teorías implícitas) y las situaciones a las que se enfrenta el sujeto. Por ejemplo, para Pozo y Rodrigo (2001) un modelo mental se establece como respuesta a una demanda determinada y, aunque parte de un esquema que se tiene en la memoria acerca de este aspecto de la realidad, es una representación dinámica, episódica y flexible, que contempla personas, objetos y sucesos en un escenario determinado.

Asimismo, para Vosniadou (1994) los modelos mentales son un tipo especial de representación mental, una representación análoga, que el individuo genera durante el proceso cognitivo y que tienen la característica especial de preservar la estructura de lo que se supone representan. Los modelos mentales que los niños usan permiten generar inferencias acerca de la naturaleza de las teorías específicas y estructuras que las restringen. La autora propone además la posibilidad de que algunos modelos mentales, o parte de ellos, que han resultado ser eficientes en el pasado, sean separados en estructuras aparte y se mantengan en la memoria de largo plazo.

De acuerdo con esto, las teorías representacionales actuales se centran en las diferentes formas de construir “representaciones” o modelos de las situaciones y contextos a partir del conocimiento proporcionado por las teorías implícitas, ya que las condiciones de una situación determinada, a la que el sujeto está expuesto, tienen ciertas demandas que corresponden con la tarea que se está realizando, por lo que el modelo mental que se elabora es una recuperación activa, parcial y flexible de una representación más general y amplia que el sujeto posee. Esto permite que al generar modelos mentales situacionales, logremos que nuestras representaciones del mundo sean flexibles y se ajusten lo más posible a las condiciones situacionales.

El desarrollo de estrategias de aprendizaje que pongan al alcance de los alumnos distintos modelos alternativos, que les ayuden a confrontar o ponerlos en competencia con sus propios modelos, es una tendencia creciente dentro de las propuestas educativas (Pozo y Rodrigo, 2001).

Perspectiva tecnológica

La incorporación de tecnología digital para la enseñanza de las ciencias en la escuela se apoya en la aproximación constructivista del aprendizaje. Esta visión contemporánea de la educación científica abarca un proceso de construcción del aprendizaje en el que el aprendiz juega un papel completamente activo en la interacción con otros y con los objetos. Por ello es tan significativa la investigación

sobre cómo el aprendizaje de los estudiantes del contenido teórico, el razonamiento científico y los procedimientos científicos son aumentados o transformados por el uso de la tecnología. Esto ha dado como conclusión que el uso de las tecnologías (TIC) puede adicionar un valor a la actividad científica de múltiples formas identificables y significativas (Hennessy, 2006).

Pero en la práctica la situación es muy distinta, ya que en muchas ocasiones realmente no existe una propuesta pedagógica que apoye el uso de la tecnología en la mayoría de los materiales multimedia, por lo que no se logra favorecer el aprendizaje de los alumnos. Esto se puede comprobar al conocer las opiniones y reclamos que hacen los propios profesores cuando se enfrentan al uso de CD-ROMs, argumentando por ejemplo que muchos de estos materiales no son adecuados, ya sea porque el contenido es inapropiado para la edad de sus estudiantes, porque no hay una diferenciación clara de los niveles y de los contenidos, o bien porque la posibilidad de interacción del estudiante es limitada (Hennessy, 2006).

Autores que han hecho análisis de algunas propuestas educativas que utilizan la tecnología, muestran desconfianza sobre la forma en la que ésta es incorporada en el aula. Ejemplo de ellos son Murphy (2003), quien señala que el microscopio digital que se utiliza en la escuela primaria carece de elementos pedagógicos; Leach y Scott (2002) critican los diseños instruccionales que se han desarrollado en ciencia, y señalan que las actividades con apoyos tecnológicos que se trabajan en clase son importantes sólo en la medida en que pueden actuar como puntos de referencia en el desarrollo de la historia científica y en la comprensión de los fenómenos naturales; Coghill (2003) considera que continúa aplicándose una pedagogía subdesarrollada, difícil de articular con el uso de la tecnología y ésta termina por ser únicamente un apoyo para un proceso de enseñanza y aprendizaje que tiene como eje al docente.

Sin embargo, hay quienes señalan que sí es posible lograr el desarrollo de una propuesta didáctica que cumpla con el modelo actual de enseñanza y aprendizaje con la tecnología digital, siempre y cuando se integren en ella diversos elementos teóricos,

contextuales, culturales, etc. Por ejemplo, Watkins y Mortimore (1999), señalan que la pedagogía debe imperar en una propuesta que incorpore la tecnología en un marco teórico de aprendizaje, consideraciones acerca de la asignatura y la forma en que ésta se enseña, el contexto de enseñanza, aspectos relacionados con los estudiantes (formas de interesarlos, motivarlos, etc.), influencias culturales, y además tomar en cuenta hasta la manera en que está organizada la escuela. Hennessy, Deaney y Ruthven (2005a) mencionan que el incremento en el aprendizaje dependerá de cómo es usada la tecnología, además del nivel y la naturaleza del apoyo que brinde el profesor.

Driver y colaboradores (1985) y Furnham (1992) proponen que los materiales multimedia en ciencia sean desarrollados tomando en consideración las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes, y que su objetivo sea llevar el pensamiento de éstos hacia una estructura más científica.

Esta división en dos grupos (partidarios y detractores) de la incorporación de la tecnología en el aula, hace necesario indagar más acerca de las repercusiones que tienen las herramientas tecnológicas en la educación y conocer en realidad cuáles sus ventajas, potencialidades y posibles limitaciones o inconvenientes, para lo cual se toma como punto de partida la investigación que hay al respecto dentro de la posición constructivista.

Los principios psicológicos constructivistas han animado a los estudiosos del aprendizaje a analizar cómo los ambientes basados en tecnología, pueden proveer a los aprendices nuevas oportunidades de realizar actividades que les signifiquen beneficios en la construcción del conocimiento. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han jugado un papel importante en muchos intentos por crear ambientes de aprendizaje poderosos que soporten un orden mayor de aprendizaje en el desarrollo de la metacognición y la autorregulación. Uno de los deseos del uso educacional de las TIC es que, con la ayuda de la tecnología de la información, se puedan crear ambientes que permitan simular problemas complejos, y al mismo

tiempo, se provea a los estudiantes con una rica variedad de herramientas, las que efectivamente los ayuden a identificar, controlar y relacionar las variables del problema que están analizando (Lehtinen 2002; Lesgold *et al.*, 1992; Steinkuehler *et al.*, 2002).

La mayoría de las investigaciones recientes acerca del uso de las tecnologías de información y comunicación en la educación analizan cómo esta tecnología puede o no facilitar la interacción social entre maestros y estudiantes y entre estudiantes. Crook (1994) destacó la importancia de las computadoras como herramientas que facilitan la comunicación en pequeños grupos de estudiantes, ya que les permiten contar con elementos de referencia comunes sobre los cuales discutir y analizar, es por ello que el aprendizaje colaborativo, que involucra un mutuo compromiso de los participantes en un esfuerzo coordinado por resolver un problema juntos (Roschelle y Teasley, 1995) ha sido empleado en muchas de estas investigaciones y estrategias de trabajo.

El papel del aprendizaje colaborativo

Con relación al aprendizaje colaborativo, las tradiciones Vigotskyana y Piagetiana del desarrollo en psicología han aportado elementos importantes para considerar que estos ambientes favorecen el aprendizaje. En el caso de Vigotsky (1978), aunque él no creía en la utilidad directa de la colaboración espontánea entre niños de la misma edad, sus ideas teóricas acerca de la “zona desarrollo próximo” han sido usadas para explicar el hecho de que niños que se encuentran en diferentes zonas de desarrollo próximo, pero que trabajan en grupo dentro de un ambiente colaborativo, pueden llegar a alcanzar un crecimiento o desarrollo cognitivo semejante, porque las actividades en las que se involucran impulsan a todos a realizar mayores esfuerzos que cuando trabajan de manera individual. Por su parte, Piaget (1926) consideró que el conocimiento socialmente arbitrado (como lo son el lenguaje, valores, reglas, moralidad y sistemas de símbolos) puede ser aprendido sólo en interacciones con los otros. Basados en la teoría de Piaget, muchos investigadores han analizado cómo las interacciones sociales afectan el desarrollo cognitivo individual y el conflicto

sociocognitivo ha sido la base del desarrollo de una teoría acerca del papel de la interacción social en el desarrollo cognitivo (Blatchford, Kutnick, Baines y Galton 2003; Kutnick, Ota y Berdondini 2008), puesto que la interacción entre pares ha mostrado que los conflictos cognitivos emergen con la interacción social y facilitan las representaciones cognitivas en los sujetos que trabajan en pares, a diferencia de aquellos sujetos que trabajan solos (Mugny y Doise 1978; Piaget 1980).

Doise y Mugny (1984) consideran que el proceso de aprendizaje es más progresivo cuando los niños con diferentes estrategias cognitivas trabajan juntos y se entabla una interacción conflictiva. La conversación, las múltiples perspectivas y los argumentos que aparecen en los grupos que trabajan en colaboración mediada por computadora, pueden explicar por qué los grupos colaborativos facilitan un mayor desarrollo cognitivo que el que pueden alcanzar los mismos individuos cuando trabajan solos, debido a que cuando los individuos tienen que externar sus ideas o concepciones a los otros, tienen que construir un mejor modelo mental acerca de los aspectos o conceptos en cuestión, dicho modelo puede subsecuentemente ser llevado más lejos por los colaboradores. Hatano e Inagaki (1992) arguyen que la explicación de un problema a otros aprendices permite una comprensión conceptual profunda a quien lo explicita.

Miyake (1986) y Hutchins (1995) consideran que la interacción social, combinada con herramientas de la cultura tecnológica, provee nuevos recursos cognitivos para el desarrollo del pensamiento. De acuerdo a Miyake, la comprensión emerge a través de una serie de intentos para explicar y comprender los procesos y mecanismos que han sido investigados. En un proceso de resolución de problemas, los sujetos, quienes tienen información parcial y diferente acerca del problema en cuestión, pueden promover su comprensión por medio de la interacción social. Para ambos autores, el valor cognitivo de la interacción social parece estar basado en el hecho de que los humanos no pueden sostener más de una hipótesis compleja activa en el tiempo, mientras que por medio del uso de herramientas cognitivas (Resnick *et al.*, 1997), múltiples formas de representación, y otros artefactos, los aprendices pueden ser

capaces de reducir la carga del proceso cognitivo y utilizarlo en la resolución de problemas más complejos, que de otra manera sería más complicado lograr (Pea 1993; Salomon *et al.*, 1991). Las características de la tecnología permiten que los estudiantes dirijan sus requerimientos hacia las tareas complejas (Feltovich *et al.*, 1996; Lehtinen 2002; Lehtinen y Rui 1996).

La figura del docente y de los alumnos

Todos estos nuevos escenarios de aprendizaje que se han presentado implican una actitud diferente tanto del docente como de los alumnos, ya que ambos deben estar en posibilidad de poner en práctica destrezas emocionales e intelectuales de distintos niveles.

No se trata de que el docente relegue la responsabilidad del trabajo a la computadora o a los interactivos, simuladores, etc., por el contrario, su papel es fundamental para que éstos sean utilizados adecuadamente, es quien guía a los alumnos en el uso de los recursos y herramientas para explorar y elaborar el nuevo conocimiento y destrezas, es el gestor de los recursos del aprendizaje y el orientador, promueve que los alumnos se vuelvan activos en el proceso de aprendizaje autodirigido, en el marco de acciones de aprendizaje abierto debe monitorear el progreso de los estudiantes, organizar actividades que permitan la retroalimentación del trabajo del alumno y ofrecer oportunidades reales para la difusión del trabajo del estudiante.

Por su parte, el estudiante deja de ser un simple receptor de información, ya que ahora se le asigna un rol totalmente activo, en el que debe participar en la resolución de problemas y la explicación de los hechos, tiene a su alcance bases de información, software, paquetes multimedia, con los que manipula la información y puede organizarla de distintas maneras, lo que le permite construir estructuras cognitivas cada vez más complejas.

Los diversos aspectos analizados hasta el momento sirvieron de base para el desarrollo del modelo ECIT que, como ya se ha mencionado, usa diversos medios

educativos como herramientas que promueven el proceso de diferenciación, explicitación e integración jerárquica de los modelos mentales de los estudiantes, gracias a que presenta contextos fenomenológicos específicos en los cuales los alumnos reconstruyen sus conceptos básicos y su interpretación de los fenómenos. Esta construcción lleva a la necesidad de un tratamiento fenomenológico de los temas sobre los que debe darse la reflexión del estudiante, que es parte de las primeras fases de explicitación de los modelos de los estudiantes y que sólo se logra con el trabajo colaborativo entre alumno - alumno, profesor - alumno y viceversa, es por eso que todas las actividades propuestas en el modelo se basan en el trabajo de pequeños grupos y en discusiones grupales, donde se registran las ideas y conclusiones que van construyendo los estudiantes durante el trabajo que realizan (Gallegos, 2006).

De tal manera que ECIT propone que los elementos mencionados dentro de las perspectivas epistemológica, del aprendizaje y tecnológica, sean tomados en cuenta y se organicen y estructuren para:

- Generar actividades que permitan a los alumnos explicitar (y reconocer) sus ideas acerca de situaciones o fenómenos científicos específicos.
- Ofrecer situaciones contextualizadas en las que confronten sus ideas con las de sus compañeros, y con las que puedan comprender los conceptos científicos implicados en la representación de los fenómenos naturales.
- Identificar los distintos niveles de representación que pueden tener sobre los conceptos científicos, ya que estas representaciones coexisten porque dependen del contexto específico en el que se desarrollan.
- Posibilitar la re-descripción de las representaciones, para que sean más cercanas al conocimiento científico.
- Promover la construcción de nuevos aprendizajes en términos de conocimientos, procedimientos y actitudes.
- Generalizar los modelos dentro de ciertos contextos y dominios específicos para que puedan utilizarlos en la solución de nuevas situaciones y problemas de su entorno cotidiano.

- Ofrecer un marco de análisis, comprensión e interpretación de la realidad que permita a los alumnos apropiarse del conocimiento científico y tecnológico así como la toma de decisiones de manera informada.
- Desarrollar una visión de ciencia dinámica y cambiante, que permita a los estudiantes percibir que los procesos de construcción del conocimiento forman parte de su cultura (Gallegos, 2006).

Capítulo 2.

Las experiencias ECIT

El modelo ECIT es un recurso digital que se instala en la computadora y está estructurado a partir de secuencias didácticas llamadas Experiencias, que plantean un núcleo conceptual en el cual se encuentran los conceptos básicos que se requieren para explicar ciertos fenómenos que relacionan al estudiante con su entorno. Las experiencias abarcan los contenidos de cada uno de los bloques del programa de Ciencias I de secundaria. De acuerdo con la propuesta de Gallegos (2006), cada experiencia está conformada por tres tipos de actividades, que corresponden a procesos de: 1) explicitación y diferenciación; 2) reestructuración y re-descripción representacional y, 3) integración de los conceptos y construcción y uso de modelos científicos referidos en un contexto fenomenológico particular. Estos procesos constituyen una forma de acercamiento de los estudiantes hacia los conceptos que son el eje de cada una de las experiencias y que se construyen en el desarrollo de cada actividad. A cada proceso corresponde un determinado nivel de acercamiento:

1. Nivel cualitativo (explicitación y diferenciación), comprende la fase de explicitación y diferenciación, es el primer acercamiento de los alumnos a un fenómeno cotidiano, donde se busca que exploren y reconozcan sus ideas al respecto, y al mismo tiempo identifiquen los conceptos implicados y lo que significan para ellos. Este proceso permitirá reconocer los modelos de los estudiantes, en donde los conceptos centrales a desarrollar están implícitos, así como apoyar al alumno para reflexionar y establecer los elementos de diferenciación entre modelos. Se trabaja con fenómenos y hechos que se describen en función de las propiedades y cambios observables, identificando y analizando tanto los aspectos que cambian como los que permanecen constantes en un fenómeno, desde una perspectiva cualitativa.

2. Nivel cuantitativo (reestructuración y re-descripción), es aquí donde la reestructuración y re-descripción representacional de los modelos toman lugar, con la construcción de nuevas estructuras representacionales que superen las teorías

implícitas o concepciones alternativas, mediante el análisis de situaciones en las que los alumnos reconozcan las relaciones que pueden establecerse entre los conceptos. Ello se logra a partir de la posibilidad que se les ofrece en las actividades de indagar, documentar, confrontar y establecer la función que tiene cada uno de los conceptos con los que han estado trabajando. Estos conceptos están inmersos en una determinada teoría, misma que se pretende que los alumnos vayan reconociendo. Aquí se buscarán explicaciones causales simples, algunos elementos de conservación y algunas reglas que permitan la observación de estos aspectos utilizando inferencias simples.

3. Nivel explicativo o de construcción de modelos (integración de los conceptos y construcción y uso de modelos científicos referidos en un contexto fenomenológico particular), en el cual se contemplan los procesos de integración de modelos a partir de la teoría científica que dé coherencia a las explicaciones y modelos reestructurados y re-descritos de los estudiantes. Es por esto que en las actividades de este nivel se hace uso de modelos científicos en la resolución de problemas dentro de un contexto determinado y con ello se establecen cuestionamientos de carácter causal, cuantitativo y representacional.

Las actividades de cada experiencia conforman un eje de articulación conceptual, que permite analizar los fenómenos desde diferentes puntos de vista y construir distintas representaciones a partir de la interacción de los estudiantes con las diversas herramientas tecnológicas propuestas y las situaciones fenomenológicas que presentan. Es importante destacar que la incorporación de las herramientas tecnológicas en las actividades tiene como propósito permitir la reflexión, construcción, desarrollo de conceptos y habilidades cognitivas de los estudiantes, así como promover en ellos un proceso de equilibrio-desequilibrio relacionado con la fenomenología que están investigando, además de valores y actitudes. Dichas herramientas sirven a los alumnos para representarse los objetos, conceptos y fenómenos acerca de los que tienen que reflexionar para construir un conocimiento a partir de las acciones. De tal forma que, en el siguiente cuadro (tomado de Gallegos,

2006), se muestra cómo están relacionados los conceptos, niveles de acercamiento, procesos, actividades y herramientas tecnológicas implicados en las experiencias ECIT:

Cuadro 1. Mapa general de la estructura y contenido de las experiencias ECIT.

Conceptos básicos ligados al programa escolar de secundaria	Nivel de acercamiento	Procesos que apoyan	Actividades	Herramientas tecnológicas
Conjunto de conceptos implicados en la resolución de un problema	Cualitativo	Identificación de las ideas de los alumnos en relación con problemas fenomenológicos cotidianos	Una o dos actividades con diferentes medios tecnológicos	- Office de Microsoft - Simulaciones en flash - Juegos de sensores
	Cuantitativo	Construcción de variables y relaciones causales directas	Una o dos actividades con diferentes medios tecnológicos	- Software para el manejo de sensores
	Modelos o sistemas	Construcción y aplicación de modelos y sistemas en ciencia (de acuerdo al nivel escolar). Relaciones de interacción y operaciones lógicas	Máximo dos actividades con diferentes medios tecnológicos	- Internet - Videos - Equipo y material de laboratorio
	Evaluación	Transferencia y aplicación de conceptos	Dos problemas en donde se aplique lo aprendido	

Cada experiencia desarrollada (con sus actividades de diferentes niveles) está compuesta por tres documentos virtuales: la sección del alumno, el portafolio del alumno y la página del profesor, todos ellos cargados en la computadora, junto con los programas necesarios para acceder a los distintos recursos tecnológicos que

contienen las actividades. En el caso de Ciencias I, se desarrolló además el libro impreso para el maestro.

En las siguientes secciones se describen tanto los documentos virtuales del ECIT, como el libro impreso para el maestro:

La sección del alumno

Comprende una introducción general al tema o temas que se abordarán, la relación que tiene con el programa de la asignatura, cuáles son los propósitos generales que se persiguen durante su desarrollo y los conceptos que están relacionados con las actividades. Después se presentan las actividades de la experiencia, que pueden ser de tres a seis, con una o dos por cada nivel de acercamiento, además de dos problemas de aplicación o transferencia, en los que los alumnos podrán hacer uso de los conceptos trabajados a lo largo de la experiencia, para aplicarlos en situaciones específicas.

Las actividades están planteadas de manera tal que se pretende que los estudiantes trabajen frente a la computadora, organizados en equipos de tres a cinco integrantes, y se busca que resuelvan las actividades mediante la discusión y el aprendizaje entre pares, de tal manera que pueden registrar sus respuestas e ideas en el desarrollo de la actividad y al final se genera un documento adicional (portafolio del alumno) que resume el trabajo del equipo. Los rubros que de manera general tiene cada actividad se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Secciones incluidas en cada actividad de las secuencias ECIT.

TÍTULO	Hace referencia, en ocasiones de manera lúdica, al tema que se aborda.
INTRODUCCIÓN	Presenta una pequeña descripción de los puntos que se trabajarán en la actividad.
PREGUNTAS DE EXPLORACIÓN	Tienen como objetivo situar a los estudiantes en el tema y además hacer una exploración de sus ideas previas o de la información que tienen al respecto.
DESARROLLO	Incluye las distintas tareas o ejercicios a realizar en la actividad, pueden ser interactivos, lecturas, experimentos, tareas de búsqueda, etc.
CIERRE	Es un ejercicio o texto que permite recuperar lo trabajado en la actividad y que sirve para identificar algunos de los puntos más importantes que se revisaron.

El portafolio del alumno

Este documento queda guardado en la computadora, en él se incluye el nombre de la experiencia y la actividad, los integrantes del equipo, grupo, una síntesis de la introducción, así como todas las respuestas que los alumnos plasman en las distintas secciones que trabajaron. Puede utilizarse para retomar el quehacer realizado, discutir la información, y es un recurso que permite que el profesor y el grupo completo analicen las ideas que los equipos fueron trabajando a lo largo de la actividad.

La página del profesor

Es un apartado de apoyo para el profesor que presenta la información necesaria para que el docente tenga una visión integral de toda la experiencia, de tal manera que está dividida en diferentes secciones, que incluyen la relación con el temario, los propósitos generales, los conceptos básicos que se abordan, un resumen del trabajo que comprende la experiencia, un mapa de las actividades (que incluye los propósitos específicos y las herramientas tecnológicas que se emplean), una introducción (soporte teórico que le permite al docente una mayor claridad de los contenidos de la asignatura), ejemplos de las ideas previas de los alumnos sobre el tema (que han sido reportadas en la literatura), algunas de las dificultades asociadas en el desarrollo de las actividades y que requieren ser tomadas en cuenta, una síntesis de lo que se trabaja en cada actividad, que incluye los posibles problemas de orden conceptual, experimental y de aprendizaje que pueden presentarse durante la realización de las actividades, así como los conceptos relevantes a ser evaluados. Además, desde este documento se puede tener acceso directo a cada una de las actividades de la sección del alumno, para que el docente conozca plenamente su contenido.

El libro para el maestro

Este es otro apoyo para el docente, y es un documento impreso que puede ser consultado sin que necesariamente se haga uso de la computadora, con la idea de que

el profesor lo utilice para planear y organizar sus clases en espacios distintos al aula de medios.

El diseño del libro fue pensado para que el profesor no sólo tuviera a su disposición el contenido de todas las experiencias que están cargadas en el software, con sus respectivas actividades para el alumno, sino que a la vez contara con una serie de sugerencias didácticas relacionadas con el trabajo de los estudiantes y con información conceptual detallada de cada uno de los temas que se abordan. Es por ello que el libro tiene una estructura en tres columnas, que deben leerse por bloques horizontales, ya que en la primera columna del lado izquierdo está todo lo referente a las sugerencias didácticas, en la columna del centro está la actividad para el alumno y en la columna del lado derecho se presentan a detalle los contenidos conceptuales como apoyo para el docente.

La figura del profesor en ECIT

Como puede verse, en ECIT la participación del profesor en la clase no se descuida, ni se pretende sustituirlo con el programa, sino al contrario, se busca transformarlo en el guía de los estudiantes, por ello es que cuenta con materiales diseñados específicamente para apoyarlo, tanto a nivel conceptual como para que conozca la estructura y herramientas de cada una de las experiencias y sus actividades, y con esto pueda organizar su clase como más le convenga, de acuerdo a las características específicas de cada grupo. El profesor es, por tanto, un mediador que promueve y facilita la discusión tanto en los equipos como en el grupo, y debe estar atento a las ideas previas o confusiones que presenten los alumnos durante el desarrollo del trabajo para que tenga la posibilidad de proponer alternativas que ayuden a los estudiantes a ser conscientes del conocimiento que tienen y pueda favorecerse la reestructuración y re-representación de sus modelos y tratar de integrar éstos con los modelos teóricos de la ciencia.

Todos estos elementos mencionados se incluyeron en cada una de las experiencias generadas para las distintas asignaturas de secundaria. En los párrafos siguientes se

hace la descripción de las experiencias ECIT de ciencias I desarrolladas dentro del proyecto.

Las experiencias ECIT de Ciencias I

Del programa de Ciencias I con énfasis en Biología, se seleccionaron los principales temas de cada Bloque y a partir de ello se organizaron diferentes conceptos que permitieran formar un eje conceptual y de acercamiento para desarrollar un total de 15 experiencias (cuatro de ellas con una estructura diferente –las del Bloque V– ya que están propuestas como proyectos de investigación) cuyos títulos se presentan en el cuadro 3:

Cuadro 3. Las experiencias ECIT y su relación con el programa de Ciencias I.

Bloques del programa	Experiencias ECIT
I. La biodiversidad: resultado de la evolución	1. Unidad de los seres vivos 2. Diversidad de los seres vivos 3. Diversidad y evolución de los seres vivos 4. ¿Cuánto ha cambiado nuestra vida desde la época prehistórica?
II. La nutrición	1. Fisiología, dieta y salud 2. Tipos de nutrición
III. La respiración	1. Respiración y cuidado de la salud 2. La respiración en la evolución 3. Fotosíntesis y respiración: un trabajo en equipo
IV. La reproducción	1. Reproducción y sexualidad 2. ¿Qué tanto nos parecemos físicamente a nuestros padres? 3. Las semejanzas con nuestros padres, ¿son sólo externas?
V. Salud, ambiente y calidad de vida	Proyecto 1. Endemismo y pérdida de la biodiversidad Proyecto 2. Pigmentos fotosintéticos Proyecto 3. La alimentación Proyecto 4. Manipulación genética

Cabe mencionar que cada experiencia tiene diversas herramientas tecnológicas, de acuerdo a los conceptos que se analizan, entre los que destacan animaciones e interactivos en Flash y en Director, acceso a hojas de Excel para registrar y analizar datos, videos, ligas a páginas de Internet, actividades experimentales en las que pueden implementarse el manejo de sensores, además de exposiciones de los equipos de trabajo ante el grupo, discusiones grupales y propuestas de distintos temas para realizar investigaciones.

Para ejemplificar la estructura y características de las experiencias ECIT, en el siguiente capítulo se reseña una de ellas, comenzando con los propósitos generales, temas, subtemas y aprendizajes esperados que se señalan en el programa de Ciencias I, para después hacer la descripción más detallada de la experiencia, que incluye el contenido de las actividades, así como ejemplos de las entrevistas realizadas a algunos de los alumnos que participaron en la fase de pilotaje después de que trabajaron dicha experiencia.

Capítulo 3.

Descripción de una experiencia ECIT: “Respiración y cuidado de la salud”

Dentro del programa de ciencias I, con Énfasis en Biología, el tema de respiración se ubica en el Bloque III y sus propósitos generales plantean que los alumnos:

- Identifiquen la respiración como proceso que caracteriza a todos los seres vivos.
- Analicen las causas de las enfermedades respiratorias más frecuentes y cómo prevenirlas.
- Comparen distintas estructuras respiratorias como evidencias de la diversidad y adaptación de los seres vivos.
- Reconozcan la importancia histórica del desarrollo tecnológico en el tratamiento de las enfermedades respiratorias.
- Apliquen e integren habilidades, actitudes y valores en el desarrollo de proyectos, enfatizando la sistematización y síntesis de información y la organización de foros para presentar resultados.

Como el resto del programa, este bloque se divide en diferentes temas, subtemas y aprendizajes esperados. El tema 1. Respiración y cuidado de la salud, se divide en tres subtemas, con sus respectivos aprendizajes esperados:

1.1 Relación entre la respiración y la nutrición

El alumno:

- Explica el proceso general de la respiración en el ser humano.
- Relaciona los procesos de respiración y nutrición en el funcionamiento del organismo.
- Reconoce la importancia de la respiración en la obtención de la energía.

1.2 Prevención de las enfermedades respiratorias más comunes

El alumno:

- Infiere las posibles causas de enfermedades respiratorias comunes asociadas a las condiciones del ambiente en diferentes épocas del año.
- Relaciona el incremento en los índices de enfermedades respiratorias con la contaminación del aire.
- Propone medidas para promover hábitos en favor de la prevención de las enfermedades respiratorias.

1.3 Análisis de los riesgos personales y sociales del tabaquismo

El alumno:

- Interpreta tablas y gráficas con información acerca de las implicaciones del tabaquismo en los aspectos económico, social y de salud.
- Explica por qué el consumo prolongado de tabaco incide en el desarrollo de enfermedades graves como enfisema y cáncer.
- Expone argumentos en torno de por qué es necesario desarrollar acciones para evitar el consumo de tabaco.

A partir de estos contenidos se construyó la primera experiencia del bloque: Respiración y cuidado de la salud, que consta de seis actividades (dos por cada nivel de acercamiento) y dos actividades más de evaluación o transferencia, en las que se van trabajando los diferentes temas y conceptos involucrados, para apoyar a los alumnos en la construcción de su conocimiento respecto al tema de la respiración en el ser humano.

En el cuadro 4, se presentan en forma de mapa general, los propósitos y la estructura de la experiencia.

Cuadro 4. Mapa de actividades de la experiencia ECIT “Respiración y cuidado de la salud”, correspondiente al Bloque III.

Nivel	Actividad	Aspectos relevantes	Herramientas
1) Acercamiento cualitativo	1. ¿Cuándo respiramos?	Enfatizar que la respiración es un proceso vital, que se interrumpe bajo ciertas circunstancias, pero que si se suspende por tiempo prolongado la muerte sería inevitable.	Actividad práctica con registro de datos, análisis de tablas y gráficas en Excel. Resolución de problemas interactivos Discusión grupal
	2. Aire que entra y aire que sale ¿qué es?	Conocer los órganos del aparato respiratorio, así como los mecanismos involucrados en la inhalación y exhalación del aire.	Resolución de problemas interactivos Sesión de laboratorio Discusión grupal
2) Acercamiento cuantitativo	3. ¿A dónde va el oxígeno?	Reconocer que el oxígeno llega a todas las células de nuestro cuerpo y que éstas lo requieren para liberar energía y realizar todas sus actividades.	Resolución de problemas interactivos Sesión de laboratorio Discusión grupal
	4. ¿Para qué necesitan oxígeno las células?	Comprender por qué es indispensable que el oxígeno llegue a todas las células de nuestro cuerpo.	Resolución de problemas interactivos Discusión grupal
3) Acercamiento explicativo	5. ¿Qué hay en el aire que respiramos?	Descubrir los efectos que tienen los contaminantes para nuestra salud.	Resolución de problemas interactivos Lectura y análisis de páginas de Internet Resolución de problemas interactivos Discusión grupal
	6. Tabaco, atracción fatal	Reconocer, a través de varios experimentos, que el tabaco afecta de manera grave nuestra salud e imagen.	Actividades experimentales Discusión grupal
Evaluación o transferencia	1. ¿Quién padece qué? 2. A favor o en contra	Promover la transferencia de los conocimientos construidos a lo largo de las actividades, al aplicar lo aprendido en el reconocimiento de las causas/efectos de las enfermedades respiratorias y del tabaquismo.	Resolución de problemas interactivos Revisión y análisis de páginas de Internet Discusión grupal

Contenido de las actividades y las ideas de los alumnos después de haber trabajado en el aula

A continuación se describen las actividades de la experiencia “Respiración y cuidado de la salud”, señalando los ejercicios y tareas que se realizan en cada una de ellas, así como las ideas y comentarios que se obtuvieron en las entrevistas hechas a algunos de los alumnos que participaron en la fase piloto y de seguimiento en Mérida, Yucatán. Cabe señalar que las entrevistas se hicieron a un grupo de seis estudiantes por escuela, quienes fueron elegidos por su profesor de acuerdo al desempeño mostrado a lo largo del ciclo escolar (dos alumnos del más alto desempeño, dos alumnos de mediano desempeño y dos alumnos de bajo desempeño). Las entrevistas se hicieron después de que los estudiantes trabajaron en equipo la experiencia (una actividad al menos de cada nivel de acercamiento a lo largo de una semana y donde el profesor estuvo como guía de las sesiones), de tal forma que en muchas de las respuestas que dan los alumnos se puede identificar que utilizan e integran lo que trabajaron en distintas actividades. Después de las ideas de los alumnos, se hace una pequeña descripción de los elementos más relevantes que los estudiantes rescataron del trabajo en cada actividad y que, por tanto, evidencian en sus respuestas de la entrevista.

Actividad 1. ¿Cuándo respiramos?

Conocer las ideas que los alumnos tienen alrededor de la respiración y la frecuencia respiratoria es el eje de esta actividad, identificar su importancia en diferentes etapas y actividades del ser humano les permite discutir acerca de la necesidad de suministrar al organismo el oxígeno suficiente para mantenerse con vida. Se presenta un ejercicio en el cual los alumnos realizan diferentes actividades físicas y miden su frecuencia respiratoria, para obtener datos que les permiten analizar y reconocer que la frecuencia se modifica de acuerdo a la demanda de oxígeno que tiene el cuerpo. Después, una serie de imágenes fotográficas en donde las personas realizan diferentes actividades, les servirán para discutir acerca del mecanismo de inhalación-exhalación y la respiración celular.

De acuerdo con los datos obtenidos en las entrevistas finales (después de que se trabajó con la experiencia durante una semana) se encontraron las siguientes ideas sobre lo que consideraban que era la respiración:

¿Qué es la respiración?

“Es un proceso de los seres vivos, que utilizan para sobrevivir, que si se deja de hacer por dos o tres minutos nos morimos por falta de aire en nuestras células y en nuestros pulmones”. Estudiante 1, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“Es un proceso de los seres vivos que hace filtrar el aire para que no nos vayamos a morir”. Estudiante 2, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“La respiración es una función que realiza el ser humano para oxigenar la sangre y dirigirla hacia las células”. Estudiante 3, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

“Es un factor muy importante en todos los seres humanos, porque el aire que respiramos se va a nuestras células y nos da más vida, sin ella moriríamos”. Estudiante 4, Escuela Nidia Betancourt.

Las respuestas de los alumnos muestran que reconocen al proceso de la respiración como una función vital que implica que el aire u oxígeno (no marcan una distinción entre aire y oxígeno) llega hasta las células del organismo. Esto puede considerarse como una evidencia de que se logró hacer una distinción entre el mecanismo de inhalación-exhalación y la respiración a nivel celular, donde el oxígeno es requerido, ya que en las entrevistas iniciales, muchas de sus respuestas definían a la respiración como llevar aire a nuestro cuerpo para oxigenar la sangre o como un proceso para vivir que consiste en inhalar oxígeno y exhalar dióxido de carbono.

Actividad 2. Aire que entra y aire que sale, ¿qué es?

Reconocer cómo está conformado y cómo funciona el aparato respiratorio es el objetivo principal de esta actividad, por ello los alumnos utilizan diversos materiales para construir un modelo del mismo, en el que simulan los distintos órganos y estructuras que lo integran e identifican cuál es su participación en el mecanismo de inhalación y exhalación del aire. Analizan que el aire que se inhala contiene el oxígeno que se utiliza en la respiración, identifican algunos mecanismos de defensa del organismo contra los contaminantes del aire (vellosidades y secreciones mucosas), y finalmente trabajan con un interactivo que muestra la estructura del aparato respiratorio y que les permite relacionarlo con el modelo que construyeron.

A continuación se reportan algunas ideas que expresaron los alumnos en la entrevista posterior a la semana de trabajo en el aula y que hacen referencia a la información que se trabajó en esta actividad:

¿Qué ocurre con el aire que inhalamos?

“(La respiración) Es un proceso que consiste en que el aire se inhale por la nariz, pase por la laringe, la faringe, la tráquea, llegue a los pulmones, se vaya por los bronquios, llegue a los alvéolos, y se vaya por las células, de las células llega a la mitocondria y creo que la mitocondria se encarga de eliminar el vapor de agua y el dióxido de carbono. Después se sale el dióxido de carbono y el vapor de agua en un proceso que se da también por la nariz y que se llama exhalar”. Estudiante 5, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“Por la nariz inhalamos oxígeno y pasa a los pulmones y en los pulmones están las células. (El oxígeno) primero llega a la nariz, después está la tráquea, de ahí se va a los pulmones, después a las células, después a la mitocondria, de ahí se dirige a la sangre y de ahí sale otra vez”. Estudiante 6, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“Nosotros respiramos el oxígeno de la atmósfera y vamos agarrando más energía. El oxígeno llega hasta el torrente sanguíneo por medio de los alvéolos. Primero llega a los pulmones, de los pulmones a los alvéolos y de ahí a la sangre, me imagino que los alvéolos lo atrapan y lo depositan en la sangre, lo hacen por medio de su cuerpo, porque los alvéolos son células y lo atrapan y en su camino lo van agarrando para llevarlo a la sangre y luego llega a la mitocondria, que es un organelo que está en la sangre. Después se va formando otro gas y lo que exhalamos es dióxido de carbono”. Estudiante 7, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“El aire que entra (en la respiración) tiene dióxido de carbono y el que sale nos ayuda a sacar todas las bacterias, los virus y las bacterias que nos hacen enfermarnos”. Estudiante 8, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

¿Qué ocurre en nuestro cuerpo cuando respiramos?

“El diafragma se contrae y hace que haga presión, los pulmones con la presión se inflan y automáticamente el aire entra por la nariz, pasa por la faringe, laringe, bronquios, pulmones, alvéolos, hay un conducto que se llama vasos sanguíneos, donde se oxigena la sangre, hay un intercambio de gases, la sangre devuelve el CO_2 y mete el O_2 , de ahí se va directo a la sangre y el cuerpo. Los glóbulos rojos llevan el O_2 hacia las células”. Estudiante 3, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

Las respuestas dadas muestran la diversidad de ideas y representaciones que los alumnos hacen de la estructura y organización del aparato respiratorio, indican que a pesar de haber tenido la oportunidad de identificar y comparar los distintos elementos que lo conforman, tanto en un modelo que elaboraron como con los interactivos que trabajaron, para algunos estudiantes resultó difícil generar un modelo claro de cómo se ubican dentro del organismo y cuál es la función que desempeñan. Sin embargo, destaca que muchos de ellos reconocen varios de los órganos y estructuras implicadas (tal es el caso de la tráquea, laringe, diafragma)

además de señalar cómo están constituidos los pulmones o la participación de los vasos sanguíneos en el transporte de la sangre oxigenada hasta las células, lo que muestra que el trabajo realizado permitió que pudieran reconocer la trayectoria del aire que se inhala y exhala, así como comprender gracias a los modelos (físico y virtual que trabajaron) que el aparato respiratorio no es solamente una serie de tubos o conductos, sino que está conformado por varios elementos que desempeñan un papel fundamental para que el oxígeno llegue hasta las células del organismo y que el dióxido de carbono también recorre este camino de manera inversa para ser expulsado en la exhalación.

Actividad 3. ¿A dónde va el oxígeno?

En esta actividad se analiza cómo se obtiene el oxígeno del aire y cuál es su destino, por ello se presenta una animación en la que se muestra y explica el mecanismo de difusión (relacionado con la entrada y salida de oxígeno y dióxido de carbono en el organismo), se trabaja con un interactivo que ejemplifica cómo las moléculas de oxígeno son captadas por los eritrocitos de la sangre y de esta manera son transportadas hasta las mitocondrias de las células de todo el organismo para que se realice la respiración, cómo el dióxido de carbono resultado de ésta es transportado hacia los pulmones y expulsado en la exhalación. Hay una práctica que permite comprobar que el aire que se exhala tiene una mayor concentración de dióxido de carbono que el que se inhala. Para cerrar, los alumnos resuelven un crucigrama con el que se revisan los diferentes aspectos conceptuales que se trabajaron.

Durante la entrevista posterior al trabajo con ECIT, los alumnos mencionaron algunas ideas que tenían con relación a la difusión y a las diferencias entre el aire que inhalamos y el que exhalamos:

De acuerdo a lo que trabajaste en las actividades, ¿Recuerdas qué es la difusión?

“La difusión es cuando una sustancia está concentrada y la otra no tiene nada y está desconcentrada y entonces la que está concentrada se va pasando a la que está desconcentrada y se queda igual”. “Pues creo sí tiene que ver con la respiración (la difusión), porque son gases y el CO₂ pasa como le dije por la concentración”. Estudiante 7, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

¿Qué diferencias habrá entre el aire que entra a nuestro organismo en la inhalación y el aire que sale durante la exhalación?

“No es igual el aire que entra y el que sale porque respiramos O₂ y sale vapor de agua y CO₂. Es así porque las células respiran, hacen en la mitocondria un cambio de gases, pero no sé cómo, pero sale CO₂”. Estudiante 2, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“El aire que inhalamos tiene O₂ y todos los demás gases que le mencioné y cuando lo exhalamos sólo saca CO₂ y vapor de agua”. Estudiante 5, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

¿Qué le ocurre al aire que inhalamos en nuestro cuerpo?

“Nuestros pulmones envían (oxígeno) a nuestro torrente sanguíneo y de ahí va a la mitocondria y la mitocondria lo convierte en energía. Las mitocondrias están en los alvéolos y éstos están en los pulmones”. “La mitocondria utiliza el O₂ para convertirlo en energía, la transforma con el O₂ y los nutrimentos”. “En las células está la hemoglobina, en las células de todo nuestro cuerpo hay hemoglobina”. “El O₂ llega a todo nuestro cuerpo por las células, que tienen hemoglobina que las transporta hasta las partes de nuestro cuerpo. Lo envían (al oxígeno) porque los pulmones lo envían al corazón y el corazón lo envía a las partes de la sangre”. Estudiante 1, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

Las respuestas que dan los alumnos se centran principalmente en las diferencias entre el aire que se inhala y el que se exhala, reconociendo básicamente que cuando el que

entra tiene oxígeno, mientras que cuando sale es dióxido de carbono y vapor de agua, aunque no profundizan o las explicaciones que dan no son del todo claras, señalan que hay una transformación o utilización del oxígeno en las células (algunos hablan de mitocondrias y de energía) y que el resultado es CO₂, que es expulsado del cuerpo en la expiración. En cuanto al transporte de las moléculas por difusión, al parecer no comprendieron claramente cómo ocurre esto y por ello en sus respuestas no analizan cómo es que el oxígeno que hay en el aire logra llegar hasta el interior de las células, ni cómo es posible que el dióxido de carbono producido durante la respiración pueda eliminarse en el aire exhalado.

Actividad 4. ¿Para qué necesitan oxígeno las células?

Se continúa trabajando a nivel celular y molecular, de forma que se analiza la respiración celular, esto es, qué ocurre dentro de las células de todo el organismo con los nutrimentos que los alimentos aportan y con el oxígeno que se obtiene en la inhalación, con un interactivo que muestra la célula y sus organelos, así como las distintas moléculas involucradas. La segunda etapa es un ejercicio interactivo que los alumnos resuelven para que una célula del corazón pueda mantenerse con vida. Se presenta además un mapa conceptual que les ayuda a precisar qué y dónde ocurre cada paso de la respiración celular.

Con relación a esta actividad, en las entrevistas finales los alumnos mencionaron algunas ideas que tienen acerca de lo que ocurre con el oxígeno en las células:

¿Cómo utiliza nuestro cuerpo el oxígeno?

“El oxígeno es lo que nos da vida. En nuestro cuerpo llega hasta las células, las ayuda a sobrevivir”. Estudiante 4, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

“Por medio de la mitocondria, que agarra el dióxido de carbono y expulsa lo demás y agarrar las energías. El dióxido de carbono nos da fuerza y el oxígeno

nos da la vida. Llevamos a los pulmones el oxígeno para tener vida". Estudiante 6, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

"Al llegar a la célula el oxígeno, la membrana permite la entrada del oxígeno hacia la mitocondria y de ahí la mitocondria devuelve, regresa el dióxido de carbono para cambiarlo con el oxígeno." "Por medio de la energía de la alimentación se llevan a cabo las funciones respiratorias". Estudiante 3, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

De acuerdo a las respuestas dadas, no es de extrañar que para la mayoría de los alumnos es difícil comprender en qué consiste realmente la respiración celular, ya que se requiere analizar un proceso a nivel molecular, que implica conocer la estructura de las células y de los organelos implicados, distinguir las moléculas que participan en dicho proceso, cómo reaccionan entre sí para formar otras moléculas, con lo que se libera energía, y cómo ésta es utilizada por la célula (y de manera global por el organismo) para realizar todas sus actividades. Por ello, es que todas las respuestas de los estudiantes giran en torno a la necesidad de oxígeno en las células, la liberación de energía y la formación de dióxido de carbono, sin que logren explicitar un modelo claro del proceso de respiración en las mitocondrias. Cabe hacer mención que las ideas y confusiones mostradas por los alumnos en sus respuestas son muy semejantes a los problemas conceptuales han sido documentados en la literatura sobre este tema y que justamente fueron considerados para desarrollar toda la experiencia, pero es evidente que los alumnos requieren contar con más ejercicios que les ayuden a poder representar y comprender cómo está organizada la célula y cuáles son los procesos que ocurren en ella, para que tengan posibilidad de generar modelos celulares y moleculares más completos y cercanos a los de la ciencia escolar.

Actividad 5. ¿Qué hay en el aire que respiramos?

Mediante ejercicios interactivos se revisa y discute la composición del aire, cuáles son las actividades humanas que generan más contaminantes, los efectos que éstos tienen en el organismo, tanto para que la respiración celular se realice de manera adecuada,

como las alteraciones de salud que causan. También se propone la revisión de algunas páginas de Internet que presentan alternativas para disminuir la emisión de gases contaminantes.

Con respecto a este tema, en las entrevistas finales se preguntó a los alumnos acerca de los contaminantes del aire y algunos de los efectos que éstos tienen en nuestro organismo, y algunas de sus respuestas fueron:

¿Conoces algunos de los contaminantes que hay en el aire, cuáles recuerdas y qué efecto tienen en nuestro organismo?

“O₂, CO₂, vapor de agua y otros gases, como... monóxido de carbono... y otros... partículas suspendidas, dióxido de nitrógeno, y ya no me acuerdo. Esto está en el aire contaminado. En el aire limpio también estarían pero no en gran cantidad”. “El plomo, el azufre, creo que con éstos hacen la gasolina de los coches y por eso el humo de los coches contamina el aire y todos los demás vehículos que se usan con gasolina contaminan el ambiente. El humo de las fábricas, el humo de los cigarrillos contaminan también el ambiente”. “El plomo puede causar la muerte porque se va acumulando en... creo que en los alvéolos, no me acuerdo muy bien, y al llenarse te da dificultad para respirar, y al no poder respirar te puede causar la muerte”. Estudiante 5, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“La mayoría del aire no es oxígeno, tiene bacterias, a veces de los coches monóxido de carbono, ozono”. “Los contaminantes del aire pueden ser monóxido de carbono, ozono, zinc, plomo”. “El monóxido de carbono se va a los pulmones y lo envían al torrente sanguíneo y se llena de eso, nuestros pulmones se secan y podemos morir”. “El plomo, nuestro corazón lo envía a la sangre y de ahí se va el plomo en la sangre y podemos morir también”. “El zinc al inhalarlo en nuestras narices se infectan de esa bacteria y cuando tenemos catarro, nuestras flemas a veces salen con sangre”. Estudiante 1, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“En el aire que respiramos hay oxígeno, contaminación, nada más”. “(Al aire) Lo contaminan las fábricas con el humo, los detergentes, los carros con los gases. Los gases que contaminan son el plomo, monóxido de azufre, y dióxido de carbono”. “El dióxido de carbono cierra nuestros tubos de aire, nada más”. “El plomo entra a nuestro cuerpo, tapa nuestros tubos nasales y eso nos puede causar hasta la muerte”. “El monóxido no sé que hace, pero nos da dificultad para respirar”.
Estudiante 2, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“El aire contaminado tiene partículas de humo y aparte tiene células, como bacterias y llega a tener virus”. “Algunos contaminantes del aire son plomo, ozono, dióxido de azufre, el petróleo”. “El plomo puede causar enfermedades”.
Estudiante 7, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“El aire contaminado es como el del cigarro, forma una barrera que impide que pase el aire bueno o que el corazón no bombee el aire bien sangre y eso hace que nos podamos morir”. Estudiante 4, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

“Algunos contaminantes del aire son monóxido de carbono, hay otras partículas, de tabaco, materiales quemados, cuando se quema el petróleo eso es tóxico y se va al aire”. Estudiante 3, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

Considerando el trabajo hecho y la actitud mostrada durante la actividad, así como las respuestas dadas en la entrevista, parece ser que el tema de contaminación del aire fue atractivo para los alumnos y muchos de ellos lograron reconocer algunos de los principales contaminantes y cómo se originan, aunque les fue más difícil recordar cuáles son los efectos que tienen en el organismo. Sin embargo, durante las entrevistas fue evidente que trataban de representarse los interactivos que trabajaron, lo que habla de un referente que les permitía organizar la información revisada.

Actividad 6. Tabaco, atracción fatal

El propósito de la actividad es conocer algunos de los efectos que el tabaco provoca en el organismo y brindar elementos de análisis y reflexión sobre su consumo, se presenta una serie de experimentos para que los alumnos realicen y comprueben cómo la nicotina y el alquitrán (dos de los componentes del tabaco) deterioran diversos órganos y estructuras del cuerpo. Hay algunas páginas de consulta para conocer más acerca del cigarro.

En la entrevista final los estudiantes expresaron sus ideas con relación a los problemas y alteraciones que genera en nuestro organismo tanto el fumar como el simple hecho de inhalar el humo del cigarro:

Después de preguntarles si era o no perjudicial fumar, se les cuestionó ¿Por qué consideras que es perjudicial fumar?

“Fumar nos provoca enfermedades como enfisema, asma, el cáncer pulmonar, un montón de cosas que son dañinas”. “En el experimento que hicimos los popotes parecían los pulmones, uno es cuando está limpio (el grueso) y el otro es cuando está infectado (el delgado) y el agua viene siendo el oxígeno. Por el grueso pasa más oxígeno. El alquitrán viene siendo lo del cigarro y pues al untárselo al filtro, el filtro también viene siendo los pulmones, y al echarle agua el alquitrán es muy difícil de quitar, se queda ya, y el agua pasaba mejor cuando el filtro estaba limpio y no tenía esa cosa, cuando la tenía salía negra el agua. El agua viene siendo el aire”. Estudiante 4, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

“El cigarro contiene nicotina, tabaco, monóxido de carbono, son las principales. La nicotina hace que se hagan más chicos los vasos sanguíneos y así es más difícil el paso de sangre y puede provocar la muerte”. “El alquitrán es un veneno, cuando se respira lastima pulmones, alvéolos y todo. Mancha los dientes, también evita que pase el aire en los pulmones”. Estudiante 3, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

“El humo del cigarro puede causar enfisema pulmonar, que es una enfermedad grave. Afecta a los pulmones y sus síntomas son dolor de cabeza, tos con flemas... ya no me acuerdo”. Estudiante 5, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

El trabajo realizado durante la sesión, sumado a las respuestas que los alumnos dieron en las entrevistas, hacen evidente lo estimulante que resultó para ellos el trabajo práctico, ya que describían los experimentos realizados y lo comparaban con lo que ocurre en el organismo a consecuencia del humo del cigarro. Como puede verse, reconocen diferentes estructuras del aparato respiratorio (al mencionar cómo pueden afectarse con los distintos componentes del tabaco) y la importancia que tienen para que se realice la respiración.

Aplicación Problema 1. ¿Quién padece qué?

Para abordar el tema de las principales enfermedades respiratorias, se trabaja con un interactivo en el que los alumnos juegan a ser médicos y tienen que dar consulta a diferentes pacientes, con lo que reconocen qué son, cuáles son los síntomas que presentan, qué puede provocarlas y algunas medidas preventivas para diversas afecciones.

Esta actividad se analizó en la entrevista final con algunas preguntas que hacían referencia a las diferentes enfermedades que se analizaron en ella, y los alumnos expresaron las siguientes ideas:

¿Recuerdas algunas de las enfermedades del aparato respiratorio? ¿Cuáles son los síntomas de ellas o por qué se generan?

“La tuberculosis es una enfermedad que se causa por... consiste en tos con flemas con creo que sangre, cuerpo cortado, escurrimiento nasal, dolor de cabeza, ya no me acuerdo”. “El asma es una enfermedad, en un ataque de asma se tiene dificultad para respirar, te puede dar cuando estás corriendo y el sudor se seca en

tus pulmones". "El resfriado común, ya no me acuerdo de más. Ah, neumonía pulmonar". Estudiante 5, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

"Tuberculosis, asma, resfriado común son enfermedades respiratorias. Tuberculosis es cuando una persona respira el aire de las fábricas y su torrente sanguíneo se infesta de ese aire contaminado. El enfisema pulmonar afecta los pulmones. El asma se adquiere de nacimiento, si la mamá fuma le da cáncer, al bebé le afecta y cuando sale el bebé no puede respirar bien y en su abdomen se nota que está respirando rápido. Resfriado común, da calentura, fiebre, sudas en la noche, lo causa la contaminación del aire por ozono, si el aire no está contaminado no me enfermo, porque está limpio". Estudiante 1, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

"Si entra el oxígeno contaminado nos puede causar enfermedades como bronquitis, pulmonía, enfisema pulmonar, que es cuando los alvéolos se hinchan, se inflaman. La bronquitis es cuando se hinchan los bronquios. La pulmonía es cuando se queda en ellos el aire contaminado y luego no se puede sacar y es lo que provoca la pulmonía". "El enfisema es una enfermedad causada por el humo del cigarro, y la gente fuma porque otros les dicen que fumen y se van enviciando". Estudiante 7, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

"Fumar causa enfisema pulmonar, que es una enfermedad crónica que destruye las células de los pulmones, ya no están funcionando bien". "La tuberculosis que es una enfermedad que es una tos muy fuerte, causada por falta de higiene, cuando toses tanto sale sangre". "El cáncer se da debido al cigarro". "El resfriado común, que es por baja de defensas y contaminación". Estudiante 3, Escuela Secundaria Nidia Betancourt.

Los ejemplos de las entrevistas indican que los alumnos lograron identificar las distintas enfermedades respiratorias que se presentaron en el problema, y en muchos de los casos pudieron establecer su sintomatología, que básicamente es lo que se

esperaba con esta actividad, ya que se trataba de que reconocieran alteraciones posibles en diferentes niveles del aparato respiratorio y cómo éstas modificaban su funcionamiento integral.

Aplicación Problema 2. A favor o en contra

El tema del consumo de tabaco se recupera en esta actividad, de tal forma que mediante un juego de roles los alumnos tienen la oportunidad de exponer y discutir sus ideas respecto a ello, para lo cual cuentan con información tanto a favor como en contra y se organiza un debate con los distintos equipos para generar una serie de conclusiones y puntos de acuerdo al final.

En la entrevista final se recuperaron algunas ideas de los alumnos con relación al problema del tabaquismo y el daño que causa en el organismo:

¿Qué causa en cuerpo el humo del cigarro?

“Respirar el humo del cigarro nos da enfisema pulmonar, porque se cierran los bronquios de tanto humo”. Estudiante 2, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“Fumar es dañino porque el aire que fumamos o el que está al lado de él, ese humo se va a sus pulmones y le puede dar enfisema pulmonar”. Estudiante 1, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

“El humo de cigarro es malo porque provoca enfisema pulmonar y cáncer, ambos dañan los pulmones”. Estudiante 9, Escuela Secundaria Álvarez Barret.

Los argumentos que los estudiantes dieron en la entrevista fueron muy básicos y generales, quizá porque en las discusiones grupales no se logró un nivel de análisis y de cuestionamiento mayor y por ello, no profundizaron en el tema.

Capítulo 4.

Conclusiones

Después de tres años y medio de trabajo de un equipo multidisciplinario y de realizar la fase piloto, se obtuvo una versión de ECIT para Ciencias I, que presenta 15 experiencias que abarcan las distintas temáticas de la asignatura. El desarrollo de las mismas incluyó el análisis y revisión del programa de la SEP, la interpretación de la propuesta, organizar los contenidos para generar la estructura de cada una de las experiencias, búsqueda de actividades, información teórica, imágenes, páginas de Internet, experimentos, redacción de las actividades tanto para los alumnos como el material para el profesor, propuestas y desarrollo de interactivos, animaciones, videos, tablas animadas, etc., todo esto soportado por una propuesta teórica que une y organiza importantes elementos epistemológicos, de aprendizaje y tecnológicos, lo que da como resultado unidades didácticas con las que profesor y alumnos pueden transformar la dinámica de la clase, y tener a su alcance a una amplia gama de herramientas que les sirvan para conocer y analizar los diferentes temas y fenómenos.

El trabajo que se hizo, tanto con los profesores como con los grupos de alumnos en la fase piloto, estuvo centrado en un análisis de la organización y estructura, complejidad de los textos y de los interactivos, redacción, problemas técnicos, así como reconocimiento de algunas de las ideas que los estudiantes tenían al trabajar con un pequeño número de experiencias, a partir del cual se realizaron las modificaciones pertinentes para tener propuestas más atractivas, comprensibles e interesantes para los estudiantes. Cabe destacar que una parte fundamental del proyecto fue el trabajo tan cercano y periódico que se logró establecer con los profesores participantes, ya que se convirtieron en un grupo de discusión y análisis tanto de la estructura de los materiales revisados, como de los contenidos que éstos abordaban, lo que favoreció que entre los docentes se explicitaran ideas, confusiones, y problemas conceptuales que tenían en relación al temario, y sirvió como punto de partida para discutir los diversos temas y apoyarlos sobre los contenidos temáticos, además de que también se compartió sobre diversas estrategias y propuestas para

abordar los temas en el salón de clases de acuerdo a los diferentes contextos y necesidades de los grupos y aunque es cierto que no se investigó de manera directa sobre las repercusiones de estas sesiones de trabajo con los docentes, durante las distintas visitas de seguimiento que se hicieron en las escuelas fue posible percibir algunos cambios en las dinámicas de clase de los profesores, como es el caso de proponer alternativas menos dirigidas o que se concretaran a dictar información para trabajar los temas cuando no se tenía acceso al ECIT, además de una mayor confianza para que los estudiantes trabajaran de manera más independiente en los equipos y recuperar el trabajo hecho mediante discusiones grupales.

Todo lo observado y documentado con el trabajo realizado en este periodo, permitió que en este momento se cuente con el desarrollo completo de las experiencias, lo que hace pertinente y necesario profundizar en la investigación para conocer cómo impacta e influye el modelo ECIT en la comprensión y transformación conceptual de la ciencia en los alumnos de secundaria, esto implica, considerar cómo se transforma la dinámica del grupo, el papel del profesor y de los alumnos, la influencia real que tienen las herramientas tecnológicas propuestas tanto en las representaciones que generan los alumnos, así como en las posibles re-descripciones de los fenómenos analizados, además en el desarrollo de habilidades y competencias tecnológicas en ellos. Es justamente a partir de un estudio que abarque las diferentes perspectivas teóricas del modelo (epistemológica, del aprendizaje y tecnológica) que será posible hacer una evaluación del mismo, donde se pueda indagar qué ocurre con cada uno de los elementos considerados e incorporados en esta propuesta pedagógica.

Algunas de las posibles líneas de estudio que pueden generarse en la investigación del ECIT pueden ser: el trabajo colaborativo que hay dentro de los equipos y cómo esto permite la explicitación y reconfiguración de las ideas de los alumnos; analizar la influencia de las representaciones externas en la comprensión y reestructuración o re-descripción de los modelos o teorías de los sujetos; la existencia de las representaciones múltiples y los contextos de aplicación, los niveles de acercamiento y cómo su organización permite una mejor comprensión e interpretación conceptual,

incluso se pueden investigar por separado las diferentes herramientas tecnológicas y su impacto real en el aprendizaje.

Por último, es importante mencionar que ECIT fue pensado en todo momento como un apoyo más en la labor docente, como una alternativa que ayudara al profesor a contar con herramientas visuales y de interacción cercanas a los estudiantes, que los motivaran y les brindaran marcos de interpretación y representación a partir de los cuales ellos pudieran explicitar sus propias representaciones y esto les permitiera poder re-describirlas, sin que por ello se pretenda disminuir la importancia del papel del profesor, y fue justamente por esto que, a lo largo del proceso de desarrollo de los materiales, se trabajó junto con un grupo de docentes, a quienes no sólo se les presentaban las experiencias y se les explicaba cómo se utilizaban los distintos materiales, sino que a la par se trabajó en su proceso de formación dentro de este nuevo esquema didáctico, que incluía el manejo de la tecnología, pero también un soporte de contenido, manejo de la disciplina y de elementos básicos en la enseñanza de las ciencias, para que tuvieran posibilidad de hacer suyo el modelo y tuvieran la confianza suficiente para abrir espacios de discusión y análisis de los temas con los alumnos. Además, se tuvo la oportunidad de que los profesores aplicaran las actividades con sus alumnos, lo que permitió conocer la respuesta de éstos últimos ante los materiales y contar con sugerencias importantes (tanto de los docentes como de los estudiantes) que fueron incorporadas en su mayoría, y dieron como resultado evidentes mejoras a la propuesta. Todos estos aspectos encontrados durante el desarrollo de las experiencias, hace evidente que el manejo e incorporación de ECIT en las aulas debe contemplar en todo momento la formación, capacitación y actualización de los profesores en esta modalidad de trabajo y seguir de cerca las actividades que realizan con sus estudiantes.

Referencias Bibliográficas

Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72, 175-184.

Bachelard, G. (1993). *La filosofía del no, Ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico*. Amorrortu Editores, Buenos Aires. (Trabajo original publicado en 1978).

Blatchford, P., Kutnick, P., Baines, E., Galton, M. (2003). Toward a social pedagogy of classroom group work. *International Journal of Educational Research*, 39, 153-172.

Carey, S. (1991). Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change. En S. Carey y R. Gelman (Eds.), *The Epigenesis of mind: Essays of Biology and Cognition*, Lawrence Erlbaum, New Jersey, USA, 257-292

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Chi, M., y Roscoe R. (2003). The processes and challenges of conceptual change. En M. Limón y L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 3-27.

Chi, M. (1992). Conceptual change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. En R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science*. University of Minnesota Press, Minneapolis, USA, 129-186.

Coghill, J. (2003). The use of interactive whiteboards in the primary school: effects on pedagogy. *ICT Research Bursaries: a compendium of research reports*. London, Becta/DfES.

Crook, C. (1994). *Computers and the collaborative experience of Learning*. London: Routledge.

Doise, W., y Mugny, W. (1984). *The social development of the intellect*. Oxford: Pergamon Press.

Doran, R. L. (1972). Misconceptions of selected science concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 9, 127-137.

Driver, R. (1986). Psicología cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.

Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.

Driver, R., y Erickson, G. L. (1983). Theories in action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.

Driver, R., y Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

Feltovich, P. J., Spiro, R. J., Coulson, L., y Feltovich, J. (1996). Collaboration within and among minds: Mastering complexity, individually and in groups. En T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 25-44.

Flores, F. (2004). El cambio Conceptual: Interpretaciones, Transformaciones y Perspectivas. *Educación Química*, 256-269.

Flores, F. (2000). La enseñanza de las ciencias. Su investigación y sus enfoques. *Ethos Educativo*, 24, 26-35.

Flores, F., y Gallegos, L. (1999, publicado 2001). Construcción de conceptos físicos en estudiantes. La influencia del contexto. *Perfiles Educativos*, 21 (85, 86), 90-105.

Flores, F., y Gallegos, L. (1998). Partial possible models: an approach to interpret students' physical representation. *Science Education*, 82, 15-29.

Fosnot, C. T. (1989). *Enquiring teachers, Enquiring learners: A constructivist approach for teaching*. New York. Teachers College Press.

Furnham, A. (1992). Lay understanding of science: young people and adults' ideas of scientific concepts. *Studies in Science Education*, 20, 29-64.

Gallegos, L. (2006). Proyecto Enseñanza de las Ciencias con Tecnologías (ECIT). En M. T. Rojano (Ed.) *Enseñanza de la Física y las Matemáticas con Tecnología: Modelos de transformación de las prácticas y la interacción social en el aula*. Secretaría de Educación Pública, México.

Gallegos, L., y Garritz, A. (2004). Representación continua y discreta de la materia en estudiantes de química, *Educación Química*. 15(3), 234-242,

Gallegos, L. (2002). *Comparación entre la evolución de los conceptos históricos y las ideas de los estudiantes: El modelo de la estructura de la materia*. Tesis de doctorado en Pedagogía. México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Gallegos, L. (1998). *Formación de conceptos y su relación con la enseñanza de la física*. Tesis de maestría, UNAM.

García, A., y Flores, F. (2004). Investigación en enseñanza de las ciencias. *Ethos Educativo*, 30, 131-149.

Gilbert, J. K., y Swift, D. J. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69, 681-696.

Glynn S., y Duit, R. (1995). *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Hatano, G., y Inagaki, K. (1992). Desituating cognition through the construction of conceptual knowledge. En P. Light and G. Butterworth (Eds.), *Context and cognition. Ways of Knowing and learning*. New York: Harvester, 115-133.

Hawkes, S. J. (1992). Arrhenius confuses students. *Journal of Chemical Education*, 69 (7), 542-543.

Hennessy, S. (2006). Integrating technology into teaching and learning of school science: a situated perspective on pedagogical issues in research. *Studies in Science Education*, 42, 1-50.

Hennessy, S., Deaney, R., y Ruthven, K. (2005a). Developing pedagogical expertise for integrating use of the interactive whiteboard in secondary science. Keynote Symposium Paper. BERA 2005. University of Glamorgan.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Ivarsson, J., Schoultz, J., y Säljö, R. (2003). Map reading versus mind reading: revisiting children's understanding of the shape of the earth. En Limón, M. y Mason, L. (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 77-100.

Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science*. Cambridge, Mass.: MIT Press/Bradford Books.

Karmiloff-Smith, A. (1991). Innate constraints and developmental change. En S. Carey y R. Gelman (Eds.), *Epigenesis of the Mind: Essays in Biology and Knowledge*. New Jersey: Erlbaum, 171-197.

Karmiloff-Smith, A., e Inhelder, B. (1974) If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3, 195-212.

Kind, V. (2004). *Beyond appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. 2nd edition, London, UK. Disponible en línea en: <http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf>

Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México.

Kutnick, P., Ota, C., y Berdondini, L. (2008). Improving the effects of groups working in classrooms with Young school-aged children: Facilitating attainment, interaction and classroom activity. *Learning and Instruction*, 18, 83-95.

Lakatos, I. (1970). Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes, En Lakatos, I. y Musgrave A. (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Gran Bretaña, 91-196.

Leach, J., y Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, 115-142.

Lehtinen, E. (2002). Developing models for distributed problem based learning: Theoretical and methodological reflection. *Distance Education*, 23 (1), 109-117.

Lehtinen, E., y Rui, E. (1996). Computer supported complex learning: An environment for learning experimental method and statistical inference. *Machine Mediated Learning*, 5 (3 and 4), 149-175.

Lesgold, A., Lajoie, S. P., Brunzo, M., y Eggan, G. (1992). A coached practice environment for an electronics troubleshooting job. En J. Larkin y R. Chabay (Eds.), *Computer assisted instruction and intelligent tutoring systems: Shared goals and complementary approaches*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates, 201-238.

Marton, F. (1981). Phenomenography – Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 1 (10), 177-200.

McDermott, L. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, (July), 24-32.

Miyake, N. (1986). Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, 10, 151-177.

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, 267-285.

Mulford, D. R., y Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first semester General Chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79 (6), 739-744.

Mugny, G., y Doise, W. (1978). Socio-cognitive conflict and structure of individual and collective performances. *European Journal of Social Psychology*, 8, 181-192.

Murphy, C. (2003). Literature review in primary science and ICT. Bristol: NESTA Futurelab. Descargado el 05 de noviembre de 2008 de <http://www.nestafuturelab.org/research/reviews/psi01.htm>

Nussbaum, J., y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-208.

Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. En G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations*. Cambridge: Cambridge University Press, 47-87.

Piaget, J. (1980). *The constructivist approach*. Geneva: Foundation Archives Jean Piaget.

Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: Columbia University Press.

Piaget, J. (1933). *La representación del mundo en el niño*. Morata, Madrid.

Pozo, J. I., Scheuer, N., Pérez, E. M., Martín, E., y de la Cruz, M. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos*. Editorial Graó, Madrid.

Pozo, J. I. (2003). *Adquisición del conocimiento*, Morata, Madrid.

Pozo, J. I., y Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4), 407-423.

Pozo, J. I., Gómez-Crespo, M. A., y Sanz, A. (1999). When conceptual change does not mean replacement: different representations for different contexts. En Schnotz, W., Vosniadou, S., y Carretero, M. (Eds.), *New Perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier, 161-174.

Pozo, J. I., y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata, Madrid.

Pozo, J.I. (1996). *Aprendices y Maestros*. Editorial Alianza. Madrid.

Pozo, J. I., Gomez Crespo, M. A., Limón, M., Sanz Serrano, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid, España, C.I.D.E.

Pozo, J. I., y Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.

Reber, A.S. (1993). *Implicit Learning and Tacit Knowledge: An essay in the cognitive unconscious*. Oxford: Oxford University Press.

Resnick, L. B., Säljö, R., Pontecorvo, C., y Burge, B. (1997). *Discourse, tools and reasoning*. Berlin: Springer.

Roschelle, J., y Teasley, S. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. En C. O'Malley (Ed.), *Computer-supported collaborative learning*, New York: Springer, 69-97.

Salomon, G., Perkins, D. N., y Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 2-9.

SEP (2006) *Ciencias. Secundaria, programas de estudio 2006*. México: Secretaría de Educación Pública.

Steinkuehler, C. A., Derry, S. J., Hmelo-Silver, C. E., y DelMarcelle, M. (2002). Cracking the resource nut with distributed problem-based learning in secondary teacher education. *Distance Education*, 23 (1), 23-39.

Strike, K., y Posner, G. (1982). A conceptual change view of learning and understanding. En West, L. y Pines, L. (Eds.), *Cognitive structure and Conceptual Change*. Academic Press, Orlando, USA, 211-231.

Taber, K. (2001). Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23 (7), 731-753.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-222

Vigostky, L. S. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

Vosniadou, S. (2003). On the nature of naïve physics. En M. Limón y L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 61-76.

Vosniadou, S., y Ioannides, C. (1998). From conceptual change to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 1231-1230.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-70.

Watkins, C. and Mortimore, P. (1999). Pedagogy: What do we know? En P. Mortimore (Ed.), *Understanding pedagogy and its impact on learning*, London, Paul Chapman, 1-19.