



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**“CONOCIMIENTO ALTERNO SOBRE CAMBIO BIOLÓGICO EN
ALUMNOS DE TERCER SEMESTRE DEL BACHILLERATO DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES,
PLANTEL NAUCALPAN”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN DOCENCIA
PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
CON ESPECIALIDAD EN BIOLOGÍA
P R E S E N T A :
BIÓLOGO MIGUEL RANGEL AGUILERA

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. OFELIA CONTRERAS GUTIÉRREZ**

TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO

NOVIEMBRE 2007



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.

D e d i c a t o r i a

A mis hijos

Cesar Augusto Rangel García y Norma Gabriela Rangel García,
por ser mí más sincera y honda fuente de inspiración. Gracias
por existir.

“La libertad es una facultad que amplia el uso de todas las otras facultades”
kant.

A mi familia.

“Cuando no hay camino, se hace el camino al andar”
Machado.

“Cada uno es un forjador de su propio destino”
Apio Claudio.

“Una cosa es haber andado más camino y otra, haber caminado más despacio”
San Agustín

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi más
profundo agradecimiento, por brindarme esta segunda
oportunidad de formación y superación en mi vida.

“Nada grande se ha realizado en el mundo sin pasión”
Hegel.

A la ahora Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por albergarme por segunda vez en sus aulas y brindarme así gratos momentos de convivencia, aprendizaje y libre intercambio de ideas.

“El primer paso hacia el conocimiento es la incredulidad”
Diderot.

Al Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Naucalpan, mi más sincera gratitud por ofrecerme la oportunidad de continuar mi profesionalización docente.

“El hombre que deja de esperar, desear y preguntarse todo, esta muerto”
A. Gratry.

A g r a d e c i m i e n t o s

A mi directora de tesis.

Dra. Ofelia Contreras Gutierrez, gracias por todo el tiempo dedicado a la consecución de este trabajo, ya que sin su acertada dirección hubiera sido imposible llevar a buen termino esta misión.

"Lo que da valor a esta vida es la contemplación de la belleza, cualquiera que ésta sea"
Platón.

A mis revisores.

Dra. Patricia Covarrubias Papahiu. Mi más franco agradecimiento por sus valiosas sugerencias y sus atinados consejos. Estoy totalmente convencido de que sin su intervención este trabajo no hubiera sido lo que es y no hubiera sido lo que significa para mí.

M. en C. Irma Elena García Dueñas. Muchas gracias por esta segunda oportunidad de beneficiarme de sus conocimientos y experiencia académica. Las coincidencias existen, sólo cuando existen intereses académicos comunes.

M. en C. Ma. Eugenia Heres Pulido. Mi más sincera gratitud por la dedicación, el profesionalismo y el interés con que reviso mi trabajo. Sé que sin su valiosa aportación éste no fuera lo que es.

M. en C. Jorge Gersenowies Rodríguez. Un gran reconocimiento por las valiosas sugerencias y observaciones hechas a este trabajo, el resultado de éste no sería posible sin su inapreciable colaboración.

"La forma superior de existencia de todo hombre es la búsqueda del conocimiento"
Platón.

A mis compañeros que integramos esta primer generación.

Bety, Gaby, Anaya, Paty, Angélica, Octavio, Ángel, Joaquín, Norma y Laura, gracias por todos los momentos compartidos, gracias por su amistad y su comprensión

"La voluntad no puede aprenderse"
Schopenhauer.

A los alumnos de tercer semestre de Biología I, generación 2005-2006, del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan, gracias por su desinteresada aportación.

"Todas las virtudes se hallan representadas en la justicia"
Teognis de Megara.

ÍNDICE DE TEMAS

Introducción	07
Capítulo I. Problemática de la enseñanza de las ciencias	
El sistema educativo.	11
La educación media superior EMS	13
El papel del currículo	17
Los contenidos	18
Cómo se enseña la ciencia. Concepción epistemológica	20
El papel del docente	25
Capítulo II. Marco teórico	
Concepciones alternativas	34
Postulados sobre las concepciones alternativas	37
La biología como ciencia	60
El cambio biológico	61
La mutación como fuente primaria de variación genética	64
Justificación	66
Capítulo III. Metodología	
Investigación cuantitativa, investigación cualitativa	67
Estudios Nomotéticos (cuantitativos)	71
Estudios Idiográficos (cualitativos).	72
Planteamiento del problema	73
Población y contexto académico	75
Descripción de la pregunta problematizadora	77
Condiciones de resolución de la pregunta problematizadora	78
Propósito	80
Capítulo IV. Resultados	
Establecimiento de categorías ontológicas	81
I categoría ontológica materia	85
II categoría ontológica estados mentales o abstracciones	89
III categoría ontológica proceso	101
Establecimiento de las edades de los alumnos	103
Capítulo V. Análisis de resultados	104
Conclusiones	119
Consideraciones finales	121
Referencias bibliográficas	123

INTRODUCCIÓN

Este trabajo está enfocado en la detección, descripción y clasificación del conocimiento alternativo que sobre el cambio biológico presentan alumnos de tercer semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan. Asimismo, estas explicaciones son establecidas en grandes categorías ontológicas, con ellas se proponen algunas explicaciones sobre la naturaleza de este fenómeno, el cual frecuentemente es equivocado por lo que ha llegado a constituir uno de los múltiples problemas a los que se enfrenta la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

La importancia de las ideas previas o preconcepciones de los alumnos en los conceptos científicos, radica entre otras cosas en que casi siempre son *científicamente incorrectas*, de ahí la importancia de que el docente esté consciente de ello; asimismo, poseen un *carácter inconexo* y a veces contradictorio, ya que un mismo alumno puede explicar el mismo fenómeno desde varios puntos de vista inconsistentes entre sí; también son de *carácter implícito*, lo que dificulta su detección y por lo tanto su erradicación, pues el individuo frecuentemente no es consciente de que mantiene concepciones erróneas sobre los fenómenos científicos.

Para afrontar este trabajo nos hemos apoyado en la metodología cualitativa, a través de ésta interpretamos la naturaleza humana de éste fenómeno. Por ello asumimos el enfoque *idiográfico*, en la cual el entendimiento del estudiante de los eventos y objetos naturales es probado, estudiado y analizado en sus propios términos, a través de sus modelos personales de la realidad. Desde esta perspectiva el concepto utilizado es el acuñado como ***concepciones alternativas***, por ésta razón a lo largo del trabajo éste es el concepto que utilizamos.

Con base en lo anterior aplicamos una pregunta problema a 100 estudiantes cuya edad fluctuaba entre 15 y 16 años, cursaban el tercer semestre de bachillerato

universitario. El principio de este trabajo presenta elementos de una investigación llevada al cabo por Jiménez Aleixandre, 2002. Ésta estrategia está basada en una noticia que apareció en el diario *El País* en España, donde se menciona lo siguiente: Un 75% de escolares sufre ataques de piojos entre otoño y Semana Santa. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y los otros insecticidas ya no les hacen efecto a los piojos. A partir de esta anécdota, la autora la toma como referencia para elaborar la siguiente pregunta:

¿Cómo explicas que los insecticidas hace años les hicieran efecto a los piojos y ahora no?

Para efectos de este trabajo la pregunta original fue transformada en la siguiente: “Un laboratorio acaba de promocionar un nuevo insecticida que combate a los piojos con una fórmula diferente, en respuesta a las críticas del público consumidor respecto del descenso en la eficiencia de su producto anterior”.

¿Cómo explicas que los insecticidas cambien su efecto con el tiempo?

Una vez realizadas estas adecuaciones se pidió a los alumnos que resolvieran de manera individual la pregunta.

Para hacer la interpretación de los resultados obtenidos, en un primer momento, nos basamos en los planteamientos teóricos de Chi *et al* (1992), quienes establecen la hipótesis de incompatibilidad ontológica. De acuerdo a este modelo, las entidades en el mundo pueden organizarse en muy pocas categorías ontológicas, tres: *materia, procesos y abstracciones o estados mentales*. En un segundo momento estos mismos resultados, los analizamos desde la perspectiva de la teoría psicogenética de Jean Piaget, en especial en lo que respecta a las ideas de los niños con respecto a la realidad, de este autor recuperaremos las nociones de animismo, artificialismo y realismo.

Así, encontramos que de 100 alumnos examinados el 68% corresponden a la categoría ontológica abstracción o estados mentales. Lo que indica que en la mayoría de los estudiantes de tercer semestre de CCH, las ideas sobre el cambio biológico están basadas en rasgos propios de estados mentales más que en rasgos identificados a los procesos. Una característica de este tipo de pensamiento es que frecuentemente se interpretan fenómenos biológicos en términos de intención, como si se tratara de personas que ejercen consciente y voluntariamente la acción. En esta sección se acuñan frases tales como: **“se volvieron más fuertes”** **“se acostumbran”**, **“se van fortaleciendo”** y otras. En este sentido Piaget (1978), en su obra la representación del mundo en el niño, recurre al concepto de animismo infantil para describir la tendencia de los individuos a considerar los cuerpos como seres intencionados.

Asimismo encontramos que el 26% de los alumnos encuestados pertenece a la categoría ontológica materia, en este sentido, las atribuciones consideradas en esta serie corresponden a las propiedades de la sustancia química y a la resistencia del insecto. En este caso sugerimos que en las respuestas de esta categoría ontológica existe un fuerte componente cultural, alejado totalmente de los conceptos científicos sobre el cambio biológico, al atribuirle la baja calidad del insecticida a la intervención humana más que a un proceso natural, ejemplo de esto tenemos expresiones tales como; **“Porque los creadores de estos los van haciendo cada vez más chafas”** o **“puede ser que con el tiempo los químicos se hagan menos potentes”** entre otros, en el restante 6 %. Encontramos que pertenece a la categoría ontológica proceso, cabe hacer notar que es en ésta clase donde se agrupan los principales conceptos científicos sobre el cambio biológico. Es notorio que el número de alumnos que se acercó a esta clase es muy bajo. En esta categoría hemos encontrado las siguientes expresiones: **“el insecto que sobrevive al insecticida a la siguiente generación se hace más fuerte”**, **“con el tiempo sobrevivirán los individuos más fuertes y por lo tanto sea más difícil matarlas”**, entre otras. Estas oraciones enuncian atributos ontológicos propios de los procesos, tales como: “ocurren en el tiempo, resultan o

proceden de.” Por ello hemos clasificado en esta categoría a esas expresiones, que si bien es cierto que no denotan el componente operacional del cambio biológico, si aluden a un proceso, al contextualizar el hecho en el tiempo y una consecuencia de éste. Consideramos que estos alumnos están en condiciones de afrontar conceptos científicos de mayor complejidad.

A partir de estos resultados asumimos que la mayoría de los alumnos de tercer semestre de CCH poseen concepciones alternativas sobre el cambio biológico, que no son compatibles con los conceptos científicos de éste tema. Consideramos que los factores que determinan éste fenómeno son múltiples y muy variados.

En este trabajo sugerimos dos que pudiera ser determinantes; la edad de los alumnos entrevistado, 15 años en promedio, ya que puede influir en la inmadurez psicológica en su pensamiento. Otro factor igualmente importante es la función psicológica, ya que este tipo de explicaciones conllevan una fuerte capacidad predictiva y adaptativa por haber sido construidas a partir de lo observado en etapas tempranas del desarrollo, lo cual permite deducir que su función es producir explicaciones predictivas y por lo tanto adaptativas a los diversos fenómenos naturales.

Transformar concepciones alternativas equivocadas sobre el cambio biológico requiere algo más que sustituir ideas incorrectas por otras científicamente más aceptables; requiere que el docente sea consciente de su origen, del estado de desarrollo mental psicológico de los estudiantes; requiere modificar sustancialmente los principios en los que están basadas de modo implícito, de tal manera que sean compatible con los principios ontológicos y epistemológicos en que se basa el conocimiento científico.

Es tarea del docente asumir este reto. La perspectiva es amplia, las posibilidades de diseñar estrategias para solventar este problema en la enseñanza y el aprendizaje sobre el cambio biológico están abiertas.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

En esta primera parte de la tesis abordaré de manera general algunas condiciones que impactan de forma sustancial la enseñanza y aprendizaje en general. Iniciaré desde una perspectiva global, describiendo algunas características del contexto mundial, del cómo ello ha modificado dramáticamente las condiciones en la que se encuentra inmersa la educación; mencionaré algunas referencias de la manera en que lo anterior ha impactado a los sistemas educativos nacionales, concretizaré esto hacia el sistema educativo mexicano, en su nivel medio superior EMS, en donde enlistaré de manera sucinta los principales problemas detectados en este nivel educativo. A partir de aquí me enfocaré específicamente en los problemas de la enseñanza en la ciencia, describiré la problemática desde la perspectiva del papel del currículo, de los contenidos, del cómo se enseña la ciencia y finalmente haré énfasis sobre el papel del docente en toda esa dinámica, esencialmente en lo que se refiere a: sus preconcepciones sobre el proceso enseñanza/aprendizaje; sus motivaciones y sus intenciones para hacer su trabajo; las metas académicas que persigue; sus expectativas, autopercepciones y creencias y en último lugar el componente afectivo ¿Qué sentimientos y reacciones afectivas produce la realización de su tarea? De ahí que se abordarán los siguientes puntos:

1. El sistema educativo

El sistema educativo de un país es una instancia de mediación cultural entre los significados, sentimientos, conductas de una sociedad y el desarrollo particular de las nuevas generaciones (Santos, 2003). Sin embargo, los sistemas educativos al estar inmersos dentro de un contexto mundial, no están por ello ajenos a los vaivenes sociales, culturales y económicos del mundo. Así, las dinámicas socio económicas en las que se ve inmiscuido tendrán repercusiones directas sobre la formación de los estudiantes.

De esta manera, en esta etapa histórica los sistemas educativos a nivel mundial han sido puestos en crisis por la globalización. Sin duda, las vertiginosas transformaciones sociales, económicas y políticas han puesto a las naciones a competir desbocadamente por recursos y mercados. Esto ha ocasionado, principalmente, que en muchos países, principalmente subdesarrollados, se reasignen los recursos económicos hacia actividades más lucrativas a corto plazo. Causando que en estos países se haga aparecer a la educación como un lastre o como un rubro que consume presupuesto pero que no produce bienes concretos (Pérez, 1999), ubicando en entredicho la función social de la escuela y los fines del quehacer educativo. Lo que ha propiciado por un lado, una especie de “congelamiento o aletargamiento académico” y por otro, un desinterés o desesperanza por continuar en una actividad poco reconocida que no recibe el apoyo necesario para cumplir con su función como factor de movilidad social. Impactando de manera directa el interés y la motivación de los alumnos por estudiar una carrera de larga duración.

Así, se crea una gran incertidumbre ante el presente y el futuro, ya que en estas condiciones no existe certeza de que estudiar sirva para tener una mejor calidad de vida (Tourraine, 2001). Antes bien, se considera que estudiar una carrera universitaria quita tiempo y oportunidades para hacer dinero, lo que antepone a los valores económicos sobre los valores morales, contribuyendo a crear un clima de angustia y desaliento ante la falta de perspectivas. Por ello no es raro encontrar, cada vez con más frecuencia, profesionistas desempleados o subempleados, ocupando empleos como taxistas, vendedores ambulantes o de seguros.

De este modo, en esta época la educación es percibida como una mercancía más (Pozo, 1996), dando lugar a licenciaturas nuevas, acordes con las políticas económicas, como por ejemplo aquellas pertenecientes al área económica-administrativas o de cibernética y computación, entre otras. Al tiempo que en las escuelas públicas los métodos de selección se vuelven más estrictos y con más

filtros que limitan el acceso a un gran número de aspirantes, propiciando de paso, en países como el nuestro, la aparición de numerosas escuelas que buscan solventar estos espacios, las cuáles sin embargo buscan un fin más de lucro que de función social, ya que salvo algunas excepciones, la mayoría no cumplen con requisitos mínimos, tales como; acceso a bibliotecas de calidad, internet, profesorado capacitado, espacios físicos adecuados etc.

Ante este panorama, lo importante es cumplir con los estándares establecidos por organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial (BM), Fondo Monetario Internacional (FMI), Agencia Mundial para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE) entre otros. Cumpliendo en términos de porcentaje de ingreso, de egreso, de titulación, de alumnos atendidos, entre otros. En este contexto, las necesidades basadas en las demandas sociales e individuales se dejan de lado ante los reclamos del mercado y el cumplimiento eficientista de los fríos números. Es esta dinámica a la que se ha plegado, prácticamente sin ningún matiz al sistema educativo mexicano, con resultados nada satisfactorios como lo demuestran evaluaciones internacionales llevadas a cabo por diversos organismos mundiales, entre las que sobresalen la realizada por la OCDE en 2004, donde sitúan a los estudiantes mexicanos en los penúltimos lugares, de un grupo de 34 naciones, en habilidades de lectura y matemáticas.

2. La educación media superior EMS

Por lo que se refiere a nuestro país, en el caso particular de la educación media superior (EMS), éste no ha escapado a esta dinámica. Así, de acuerdo a Castañón y Seco (2000), los principales problemas detectados en este nivel educativo son los siguientes:

1. Fronteras poco permeables. No se tiene claro cuál es la función principal de la EMS, ya que se deja de lado al porcentaje de estudiantes que no van a acceder a una carrera científica, los cuáles no tendrán otra oportunidad para alfabetizarse científicamente.

2. Ausencia general de movilidad. Es casi imposible poder cambiar de una modalidad a otra, por lo que los estudiantes que lo hacen tienen que volver a empezar de cero. Es difícil lograr equivalencias o revalidaciones lo que provoca el abandono de los estudios.
3. Excesiva carga académica. Un 75% de los profesores de EMS son de asignatura, por lo que su carga de trabajo es de 30 horas frente a grupo lo que equivale a 7 grupos con un mínimo de 30 alumnos en promedio. Esto redundando en una falta de planeación, práctica docente superficial, rígida y unidireccional.
4. Competencia docente desmedida. Las dificultades para el ingreso y promoción del docente desvirtúan la labor académica y la desvían hacia la realización de actividades que proporcionan muchos puntos curriculares, pero que tienen poco que ver con la atención directa a los alumnos. La docencia pasa a segundo término.
5. Sistema rígido y cerrado. La estructura del currículo no permite flexibilidad para abordar los temas propuestos por lo que el profesor está más preocupado por acabar a tiempo el programa que por lograr que sus alumnos aprendan.
6. Exceso de contenidos. Los programas de las diferentes asignaturas están cargados de temas, hasta llegar al exceso de incluir los contenidos completos de una licenciatura para ser revisados en un semestre o un año.
7. Énfasis en contenidos declarativos. En esos mismos programas, con independencia de la disciplina, los contenidos que se revisan pertenecen al ámbito de lo declarativo, es decir consideran conceptos, principios, hechos y datos principalmente.

8. Atomización de los contenidos dentro y entre asignaturas. La visión tradicional de la enseñanza da como resultado que no exista relación entre las asignaturas de manera horizontal o transversal, por lo que el conocimiento se presenta parcializado o disgregado lo que dificulta la integración durante los diferentes cursos. Por ejemplo, al profesor de ciencias no le preocupa que sus alumnos escriban con errores ortográficos, pues esa labor es del ámbito de los talleres del lenguaje y comunicación.
9. Contenidos poco relevantes. Al dar una ojeada por los programas se puede percibir una lista de temas fríos, poco significativos y sin relevancia para el alumno. Se plantean difíciles e inteligibles para mostrar que la materia es importante.
10. Contenidos excesivamente descriptivos. Se promueve una enseñanza puramente descriptiva y de enumeración, ya sea de fechas, eventos, estructuras o fenómenos. No se utilizan metáforas o analogías y el parafraseo está prohibido porque “le quita seriedad” a lo que se enseña.
11. Desfase en relación con los avances científicos. Los programas de las diferentes materias se encuentran desfasados en relación con los avances en las diferentes áreas, lo que pone en desventaja al profesor ante el Internet o la televisión, en ocasiones el alumno posee más información que el profesor, aunque no sepa qué hacer con ella. Aquí cobra relevancia el papel del profesor para su comunicación con el alumno en la selección y reorganización que éste posee.
12. Prácticas de laboratorio como principal mecanismo experimental. En las asignaturas del área persiste la realización de prácticas como seguimiento de técnicas o pasos consecutivos para llegar a la demostración. Lo cual contribuye a la atomización de los conocimientos y favorece la separación entre teoría y práctica.

Aunque existen particularidades dependiendo de la modalidad, se puede afirmar, en general, que los currícula de EMS, en México, comparten estas características en mayor o menor medida, y que es el profesor el que al instrumentar los contenidos del currículo define el camino a seguir, de acuerdo a su manera de operativizarlo al planificar su docencia.

En el caso particular de la enseñanza de la ciencia la situación no es diferente, incluso se repiten varios de los factores descritos antes. Así, en las dos últimas décadas un diagnóstico de esto permite vislumbrar que se vive una crisis definida por diversos aspectos, entre los que encontramos los siguientes:

a) Currículos excesivamente cargados, desfasados y poco relevantes, así como la prevalecía de modelos de la enseñanza de la ciencia, tradicionalmente enciclopédica (Gil, 1993).

b) Contenidos difíciles y aburridos, lo que ocasiona falta de aprendizajes significativos y relevantes de la ciencia que se imparte en la escuela, lo que puede fomentar actitudes negativas hacia ésta (Pozo y Gómez, 1998).

c) Imagen estereotipada de la ciencia y los científicos, lo que origina que los estudiantes la perciban como aburrida, difícil, autoritaria e impersonal, lo que hace que la rechacen *a priori* (Aikenhead, 2003).

d) Fuerte contraste entre la ciencia que se enseña en la escuela, la contenida en los libros y la vida cotidiana, lo que propicia falta de aprendizajes significativos y relevantes, lo que favorece la escasa relación del conocimiento con la creatividad y la aplicación (Pozo y Gómez, 1998).

e) Exigua valoración social del quehacer del científico, ocasionado por la imagen mitificada de los científicos como modelos sociales, la escasa tradición científica, y la deficiente alfabetización científica y tecnológica de la población.

Contribuyendo todo ello a que los estudiantes eviten elegir carreras relacionadas a esta área (Cross,1999).

f) Profesorado poco innovador para incorporar mejoras en su intervención pedagógica (Vázquez y Manassero, 2005).

Cada uno de esos aspectos afecta de manera diferente a la enseñanza de las ciencias, desde un nivel macro, relacionado con el contexto socio político, hasta un nivel micro caracterizado por la dinámica del aula, en donde la función del docente es fundamental.

3. El papel del currículo.

El currículo es la forma en que una institución concreta su fines y sus metas. Es un plan de acción que se usa como modelo para orientar las actividades que se llevan a cabo en el aula. Para su diseño debe apelarse al pasado para prefigurar el futuro. Para Gimeno y Pérez Gómez (2002), la mayoría de los currícula vigentes tienen una base tecnicista de la enseñanza y el aprendizaje, en donde hay una obsesión por los objetivos educativos, concebidos como cambios de conducta observables.

Ya Pozo en 1997, planteaba que el currículo de ciencias apenas ha cambiado mientras que la sociedad a la que va dirigida la enseñanza de la ciencia y las demandas formativas de los alumnos han cambiado espectacularmente. En este contexto, la globalización y el desarrollo acelerado de los medios de comunicación, han puesto al alcance de los alumnos una gran cantidad de información de todas partes del mundo las 24 horas del día. Sin embargo, los adolescentes no cuentan con las herramientas necesarias para poder seleccionar y discriminar entre la información de calidad y la que no lo es. El hecho de que una información se encuentre en la red o sea transmitida por algún otro medio de comunicación ya sea audiovisual o impreso hace que se le otorgue autoridad académica, sin asomo de criticidad ante lo que se recibe. Esto es, se carece de

una verdadera vigilancia epistemológica. Aunado a ello, los alumnos frecuentemente, le dan más crédito a estos medios que a sus propios profesores, pues usualmente éstos no manejan la cantidad y tipo de información que ofrecen los medios.

Así, el desajuste entre la ciencia que se enseña (en sus formatos, contenidos, metas, etc.) y los propios alumnos es cada vez más evidente, reflejando una auténtica crisis en la *cultura educativa* que requiere adoptar no sólo nuevos métodos, sino sobre todo nuevas metas, nueva cultura educativa que, de forma vaga e imprecisa podemos vincular al llamado modelo *constructivista*. Mismo que de acuerdo a Carretero (1993); Coll (1996); Monereo (1995); Pozo (1996); Rodrigo y Arnay (1997) se adecua mejor que los formatos tradicionales a la forma en que el conocimiento científico se elabora en la propia evolución de las disciplinas, se distribuye y divulga en la nueva sociedad de la información y el conocimiento.

De acuerdo a estos autores, en el modelo constructivista aprender consiste fundamentalmente en construir significados y atribuir sentido a lo que se aprende, desde esta perspectiva los alumnos llevan a cabo este proceso de construcción a partir de conocimientos, capacidades, sentimientos y actitudes, desde los cuáles se aproximan a los contenidos y actividades escolares. Se acepta entonces que el aprendizaje escolar consiste en un proceso de significados y de atribución de sentidos cuya responsabilidad última corresponde al alumno, se asume desde esta premisa que nadie puede sustituir al alumno en dicha tarea.

En conclusión, la nueva cultura del aprendizaje que se abre en este horizonte del siglo XXI es difícilmente compatible con formatos escolares y metas educativas que apenas han cambiado desde la constitución de las instituciones escolares como tales en el siglo XIX (Pozo en 1997), por ello es urgente adecuar la estructura curricular a estas nuevas condiciones, en esto sin duda una condición necesaria, pero no única, es la revisión y actualización de los contenidos.

3.1 Los Contenidos.

En relación con los contenidos, como se ha mencionado antes, persiste una visión tradicional, ya que se les interpreta como una lista de temas a desarrollar. Esto se evidencia cuando se analizan los formatos de los programas de las diferentes materias. La consecuencia de esto, es que se centra la atención en aspectos declarativos, dejando fuera los procedimientos y actitudes. Por ello los profesores se concentran en querer terminar a tiempo con ellos y dejan de lado el objetivo o propósito de aprendizaje.

De esta manera, la ausencia de cambio en la concepción de contenido, ha dificultado la puesta en práctica de la mayoría de los programas que han sido modificados desde principios de los 90s hasta el momento, como es el caso de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP); Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH); Colegio de Bachilleres (COLBACH) y el Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMS), a pesar de ser de nueva creación. Ante ello es evidente que los profesores requieren formación al respecto.

Otro aspecto relacionado con los contenidos, es su excesivo número, llegando a casos como el de las preparatorias incorporadas a la SEP en donde se vierten todos los temas de una licenciatura para ser desarrollados en un semestre o año lectivo. Esto, como es evidente dificulta el trabajo en el aula pues no se puede profundizar en nada y no queda tiempo para realizar ninguna actividad práctica.

Adicional a lo anterior también se percibe que los temas incluidos en los programas tienen poca o nula relevancia para los alumnos. Entendiendo por relevancia al hecho de que los aprendizajes adquiridos en el aula se transfieran a la vida cotidiana y se incorporen a sus esquemas mentales de forma tal que le permitan comprender su entorno inmediato. (Pozo y Gómez, 1998; Stone, 2001).

Un problema más es la secuenciación, ya que para muchos alumnos lo revisado en la EMS es una repetición, sin sentido de lo visto en primaria y secundaria. La

consecuencia de esto es que no encuentren lógico estudiar siempre lo mismo y de la misma forma por lo que no le dan importancia Observatorio Ciudadano de la Educación (199). Inclusive se conocen casos en donde los estudiantes siguen utilizando sus apuntes o libros de secundaria durante el primer año en la EMS. (CCH, 2001).

En cuanto al enfoque de enseñanza la principal influencia la proporciona la concepción que el docente tenga de ciencia, en este sentido como lo afirma Loo (2003) es el positivismo el que sigue teniendo una gran influencia en los docentes. Lo que ocasiona, entre otras cosas la visión de cómo enseñar ciencia.

4. Cómo se enseña la ciencia. Concepción epistemológica

Desde la perspectiva constructivista aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, quien debe *reconstruir* a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos. En este contexto, debido a los cambios en la forma de producir, organizar y distribuir los conocimientos en nuestra sociedad, entre ellos los científicos, es necesario extender esta forma de aprender y enseñar a casi todos los ámbitos formativos, y evidentemente a la enseñanza de las ciencias. Las razones de este impulso constructivista pueden encontrarse en diversos planos o niveles de análisis que vienen a empujar en una misma dirección.

Una primera justificación la encontraríamos en el plano *epistemológico*. Esto es, estudiando cómo se genera o elabora el conocimiento científico. Por ejemplo, la Biología Molecular, pero también las ciencias cognitivas, no "descubren" cómo son las cosas indagando en lo real, sino que *construyen* modelos y a partir de ellos simulan ciertos fenómenos comprobando su grado de ajuste a lo que conocemos de la realidad. Por lo tanto aprender ciencia debe ser una tarea de comparar y diferenciar modelos, no de adquirir saberes absolutos y verdaderos. Por ello, es necesario asumir que la ciencia es un *proceso*, no sólo un producto acumulado en

forma de teorías o modelos (Duchsl, 1994). Es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos; lo valioso es lograr que perciban su provisionalidad y su naturaleza histórica y cultural; que comprendan las relaciones entre el desarrollo de la ciencia, la producción tecnológica y la organización social y por tanto el compromiso de la ciencia con la sociedad, en vez de la neutralidad y *objetividad* del supuesto saber positivo de la ciencia.

Por consiguiente, enseñar ciencia no debe tener como meta presentar a los alumnos los productos de ésta como saberes acabados, definitivos, al contrario, se debe enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacerles participar de algún modo en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres, lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de conocimientos *precocinados*, listos para el consumo. Así pues, no puede concebirse más al aprendizaje como una actividad sólo reproductiva o acumulativa,

En este sentido, Hodson (1997) afirma que estos problemas se ven reflejados en la manera en que se seleccionan los contenidos, así como en la forma en que se plantean los métodos de enseñanza y aprendizaje. En términos generales este autor reconoce que aún prevalece una concepción positivista de la ciencia, lo que se manifiesta en una serie de visiones distorsionadas de la misma, entre las que encontramos las siguientes:

- ✓ Visión descontextualizada y socialmente neutra de la ciencia, que ignora o considera sólo superficialmente las complejas relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (Hodson 1992; Carrascosa, *et al*, 1993). Esto implica que en general se tiene la idea de enseñar una ciencia aséptica, destacando los aspectos tecnológicos y alejada de la sociedad.

Algo parecido al Monte Olimpo, como son denominados por los estudiantes algunos lugares en donde se hace ciencia como en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV. IPN) o el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBT. UNAM). Ello redundaría en una enseñanza fría, dogmática donde los temas revisados en clase no tienen ningún impacto en la vida diaria del estudiante, por lo que su aprendizaje se vuelve sin sentido o superficial. Como dicen Gil (1993); Pozo (1998); Stone (2001), lo aprendido en clase no es relevante, no hay transferencia del aula al hogar.

- ✓ Visión individualista y elitista que considera que los conocimientos científicos están reservados a genios aislados que se ubican “más allá del bien y mal”. Que relegan la importancia del trabajo colectivo a segundo término o a meras colaboraciones, en donde uno y sólo uno es el líder y el resto del equipo son los súbditos. Esta visión deja ver que los resultados del trabajo son producto del esfuerzo de un solo científico o de un solo equipo. Es decir que los grupos de investigación son parecidos a los clubes sociales exclusivos, en donde la entrada es por invitación y tienen una costosa membresía, -la cuál generalmente se obtiene después de muchos años de permanencia y esfuerzo dentro del grupo-, en términos de aceptación dentro del círculo (Fernández, 2003). Con esta forma distorsionada de la realidad, los profesores vislumbran la enseñanza de la ciencias como una disciplina difícil, compleja e inaccesible y así la transmiten a sus alumnos. Los cuales a partir de este enfoque pueden ser percibidos como carentes del perfil que se requiere para ser científico y por lo tanto no aprenderán lo que se les pretende “enseñar”. Por su parte, para los alumnos el aprender ciencia se relaciona con estereotipos dentro de los cuales ellos no se identifican y por lo tanto crean una predisposición negativa para aprender alguna disciplina científica. Ellos mismos se

encargan de propagar la idea de que las ciencias duras son para genios y sobre todo para los del sexo masculino (Gil, 1993).

- ✓ Visión inductivista-empirista que resalta el papel de la observación y de la experimentación, olvidando la importancia crucial de las hipótesis como promotoras de la investigación. Se considera al científico como descubridor de un invento o proceso que sólo está allí esperando “ser descubierto”. Lo que provoca que la enseñanza se vuelva puramente enciclopédica, de simple transmisión y con una experimentación más parecida al seguimiento de una receta de cocina (Gil, 1993). Esta manera de enseñar reduce la resolución de problemas a través de métodos inductivos, descuidando los aspectos deductivos, lógicos, creativos y estratégicos. De esta manera las leyes se estudian para constatar que son correctas y no como modelos para comprender la realidad.

- ✓ Visión rígida, algorítmica e infalible que confiere al método científico una valoración excesiva como único medio válido y con autoridad para verificar o constatar el trabajo científico. Se le atribuye al método científico un valor que no tiene y se vuelve un fin más que un medio (Hodson, 1997). Así, el método científico es referido como una secuencia de pasos bien definidos a seguir mecánicamente. Se resalta el análisis cuantitativo, controlado y riguroso, como método de trabajo. En consecuencia, el seguimiento mecánico del método científico ha hecho que la enseñanza se vuelva monótona, aburrida y sin ningún elemento de sorpresa que pueda motivar a los alumnos a su seguimiento. Los aprendizajes así adquiridos sólo se refieren al desarrollo de algoritmos y de algunas habilidades manuales que poco tienen que ver con el verdadero trabajo científico. Por ello los alumnos ya saben lo que va a pasar en las prácticas y experimentos de laboratorio, saben qué es lo que el profesor espera de ellos y sólo se limitan a contestar el protocolo establecido. En algunos casos sí se realiza una “experimentación” y el alumno no obtiene los resultados que el profesor

espera, entonces se le llama la atención y se le califica mal porque se sale de lo esperado. No se discuten los resultados, no se analizan las variables y mucho menos se contrasta con la realidad.

- ✓ Visión aproblemática y ahistórica, que conduce a ignorar las condiciones bajo las cuales se presenta el problema que se pretende resolver, Así. la formulación de modelos como teorías y leyes se transforma en el establecimiento de verdades absolutas o dogmas, en donde se llega a confundir el modelo con la realidad misma, perdiendo de vista el objetivo a perseguir (Porlán, 1997). En este contexto, la excesiva “autoridad y falta de crítica” a las teorías y leyes científicas ha redundado en que se privilegie la enseñanza sólo de aquellas propuestas aceptadas por el profesor y que no le planteen alguna problemática en el momento de enseñarlas, de esta manera, se desvirtúa una característica de la ciencia, que radica en revisarse a sí misma y transformarse para producir nuevas aportaciones, a la luz del desarrollo histórico de la sociedad. Por ello, los alumnos reciben las teorías sin posibilidad de disentir o siquiera dudar de ellas. El aprendizaje se vuelve acrítico y dogmático.

- ✓ Visión exclusivamente analítica que parcializa, fragmenta y atomiza el conocimiento del objeto de aprendizaje, ante esto, es necesario considerar una reestructuración o síntesis que permita construir una enfoque holístico del problema (Fernández, 2000). La ausencia de éste, origina una enseñanza fragmentada, no sólo entre disciplinas de la misma área, sino, dentro de una misma disciplina. En general, esto en la EMS se manifiesta en los contenidos de una unidad, que se encuentran desligados de la siguiente y se proyecta una enseñanza por estancos. Lo que redundo en un aprendizaje sin estructura y aislado.

- ✓ Visión acumulativa que presenta al desarrollo científico como fruto del crecimiento continuo, gradual y lineal que no toma en cuenta las crisis o

revoluciones por las que pasa la ciencia al formular sus paradigmas antes de que sean aceptados por la comunidad (Khun, 1971). La idea de crecimiento lineal implica la ausencia de factores que afecten la construcción del conocimiento científico. No se toma en cuenta el contexto; la relación entre el sujeto y el objeto de conocimiento. En una palabra, es una idea de producción en banda de conocimiento científico. Esta manera de enseñar a la ciencia la reduce a un listado cronológico de avances o aportes científicos, en donde lo más importante parece ser aprender las fechas y autores, más que el proceso o las condiciones que dan como resultado el conocimiento (Izquierdo, *et al.* 1999). Se privilegia el aprendizaje por recepción y memorización de datos inconexos

En conclusión, estos son algunos factores epistemológicos que impactan negativamente en el aprendizaje y enseñanza de la ciencia y contribuyen a dar una visión estereotipada de ella. Sin embargo, son bajo estos factores en los cuales se forma el futuro profesor de ciencias, mismo que en su momento contribuirá a seguir multiplicando esta forma de ver y enseñar la ciencia.

5. El papel del docente

El actor que conecta y da coherencia a los contenidos y objetivos del currículum, es el profesor en su papel de mediador entre éstos y la cultura. Son múltiples y muy variados los factores que hacen importante la actuación del docente en la enseñanza de la ciencia, ya que por la jerarquía de su actividad forma parte del problema y la vez de la solución del mismo. Entre algunas creencias que constituyen un problema en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia encontramos cinco fundamentales.

5.1 Preconcepciones sobre el proceso enseñanza / aprendizaje

- Enseñar es una tarea fácil y no requiere preparación

La mayoría de los profesores de ciencias en la EMS son egresados de alguna licenciatura relacionada a la asignatura que imparten, por lo tanto no tienen

antecedentes didácticos o pedagógicos. A pesar de ello, no consideran necesario aprender nada más de lo que ya saben pues han formado a muchos alumnos sin recibir queja alguna. El modelo de docencia que practican es con el que les enseñaron a ellos, generalmente tradicional. No obstante esto, los programas de formación que existen consiste en la mayoría de las veces en cursos aislados y sin un eje conductor que permita delinear el perfil docente adaptado al perfil del alumno que se pretende formar, por ello no inciden realmente en la modificación de estas prácticas. Solo recientemente por parte de la UNAM se percibe un esfuerzo integrador para solucionar este problema, a través de la creación e implementación de la Maestría en Docencia en Educación Media Superior (MADEMS), cuyos resultados, si embargo no están a la vista aún.

En general, los profesores no poseen las habilidades básicas para la docencia que les permitan llevar a cabo de una mejor manera su actividad. Hecho que se agudiza cuando son docentes de reciente ingreso y se enfrentan por primera vez a un grupo sin tener más elementos que el programa de estudio. Ante esto, por lo general el proceso de enseñanza y aprendizaje lo reducen a una simple transmisión y recepción de conocimientos elaborados. Tienden a reproducir el modelo con el que fueron formados en la licenciatura, porque además es el único que conocen y por lo tanto lo replican mientras no tengan otra opción. Usualmente la forma de enseñar la basan principalmente en la exposición de una serie de datos a veces inconexos e irrelevantes, donde los contenidos son vertidos como información ya procesada que sólo espera ser recibida. Por ello no propician la discusión, ni reflexión de lo que sucede en el aula. Para este tipo de profesor el alumno tiene un papel pasivo, por lo que el desarrollo de la clase se vuelve mecánica y rutinaria. Inclusive abundan los casos en que el profesor expone su clase sin dejar de escribir en el pizarrón y sin preguntar una sola vez si están entendiendo o no. Y en el caso de que los alumnos pregunten no dan tiempo para que contesten y entonces continúa con su monólogo.

- El fracaso de los alumnos se debe a sus propias deficiencias

Es mucho más fácil acusar al alumno, a la enseñanza precedente o al sistema que asumir la responsabilidad de un fracaso. Ante este hecho, no ponen en juego estrategias que promuevan el aprendizaje. Enseñan a repetir, pero no a pensar. No asumen la responsabilidad de los alumnos que se están formando en las aulas, se piensa que basta con que se enseñe con muchas actividades para que los alumnos aprendan y si no lo hacen ya nos es su culpa, porque además dieron “una clase maravillosa”. Así, sí los estudiantes no aprenden es porque son flojos e irresponsables, nunca como consecuencia de la forma de enseñanza.

- “El estudiante tiene la cabeza hueca”, “es una caja negra carente de conocimientos a quien hay que enseñarle todo”

Frecuentemente se suele ignorar que el alumno posee una serie de preconcepciones, o conocimiento alterno, algunas veces equivocadas, de los conceptos científicos, mismos que pueden ser un gran escollo e impedir apropiarse de las nociones científicamente aceptadas. En general se desconoce que para que el alumno aprenda conceptos científicos, debe contar con antecedentes que permitan al nuevo conocimiento asirse para ser organizado en la estructura mental del alumno.

- Los estudiantes son intercambiables

El profesor usualmente ignora las diferencias individuales, cuando dice “yo enseño... y mi trabajo es que los estudiantes aprendan el programa preestablecido, este programa se ha de aprender por igual en cualquier lugar; no es mi problema si los estudiantes no saben o carecen de base para ello”, se olvida de la individualidad del estudiante, de su idiosincrasia y se refugia en la pureza de la disciplina que enseña o en el deseo de enseñar a un alumno ideal. Piensa que todos los alumnos aprenden de la misma forma y al mismo ritmo y que sólo deben ubicarse en la materia a enseñar para responder apropiadamente.

- "La evaluación sólo se debe hacer por medio de exámenes y es una forma de constatar los errores de los alumnos"

El docente suele considerar a la evaluación sólo como calificación y como un medio para mantener a los alumnos a raya. No se toma en cuenta como un proceso que sirva de retroalimentación al aprendizaje (Gil, 1993). Convierte al examen en el instrumento de evaluación por excelencia y calificar consiste en señalar a los alumnos con bajo rendimiento académico. No se considera que es frecuente que existe una distancia enorme entre lo que se enseña, lo que se aprende y lo que se evalúa. Los instrumentos de evaluación generalmente sólo consideran aspectos de memoria y recuerdo, pero no de aplicación y mucho menos aspectos actitudinales (SEP, 2001).

- Cada docente tiene un efecto independiente de los estudiantes de su clase

La falta de fundamentación de este principio, que en el discurso del profesorado tienen un cierto sentido de preservación distanciadora de su autoridad y su persona, se basa en las siguientes consideraciones: Cada estudiante acumula y refleja las decisiones y acciones del enseñante. Esta acumulación es multiplicativa, no aditiva, las diferentes formas del profesorado que pasa frente a un estudiante a lo largo de una jornada de clases, influyen en su aprendizaje y desarrollo.

- Los estudiantes no ejercen influencia en la enseñanza

Esta última aseveración muestra la soberbia académica que existe cuando considera que no se puede aprender de los alumnos, lo cual puede ser fácilmente desmentido si se tienen presentes las habilidades de los alumnos en aspectos de cibernética y computación en comparación con las que puede poseer el profesor. Resumiendo, es muy importante conocer las teorías implícitas de los profesores, ya que a partir de ellas se determina su modelo docente que influyen en la forma en que instrumentan los programas en el aula, desde la planificación hasta la selección de las formas de evaluación (Loo, 2003). De tal manera que cualquier

modificación que se quiera llevar a cabo en el proceso de enseñanza y aprendizaje tendrá que considerar y modificar dichas teorías.

5.2 Motivación y una intención para hacer el trabajo

Aunque este punto ha sido largamente discutido en diversos trabajos, vale la pena puntualizar que en la mayoría de los casos se refiere a la motivación desde la perspectiva de los estudiantes, en este sentido solo de paso mencionamos los trabajos realizados por Tapia y López mismos que se pueden consultar en la obra el aprendizaje estratégico de Pozo y Monereo (1999).

Para efectos de este apartado, este tema lo enfocamos hacia la actividad del docente. De esta manera asumimos que la motivación es el conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta, la cual sirve de eje para la consecución de metas y objetivos González *et al*, 2002.

En este sentido se reconocen cuatro componentes en el ámbito de la motivación académica:

- El valor de las razones y metas.
¿Por qué o con qué intención hago esta tarea?

En este contexto, la teoría de la motivación de logro, formulada por González *et al* (2002), plantea que las expectativas o probabilidades de éxito y el valor del incentivo son dos determinantes situacionales de la motivación resultante. Estos autores argumentan que los valores emergen de las reglas sociales, del mismo modo que las necesidades psicológicas individuales guían los comportamientos en diferentes contextos. Así, los individuos con diferentes valores considerarían las diferentes metas dentro de un gradiente, de tal manera que su motivación para lograrlas se basaría en ellos. Así, la probabilidad de que se alcance una meta, influirá en el comportamiento y en la intención de alcanzarla o no, dependiendo del costo que esto tenga. Por ejemplo, si para el profesor es relevante la docencia, entonces hará todo lo que esté de su parte para

desarrollarla de la mejor manera. Si por el contrario, le da poca importancia, entonces el grado de esfuerzo y compromiso será mínimo. Esto puede evidenciarse si los profesores no planifican las actividades que pretenden llevar a cabo. Si todo lo deja para el último momento, o si no prepara su clase porque eso implica pérdida de tiempo.

- La satisfacción que obtienen los individuos de su actuación o interés hacia una actividad

Cuando un profesor está satisfecho con su trabajo y lo disfruta, se evidencia en el entusiasmo con que enfrenta día a día su actividad docente. Asimismo, la manera en que trata a sus alumnos refleja su interés y respeto que siente por ellos. De igual forma la manera de preparar clase para crear un contexto favorecerá el aprendizaje, e implicará disposición para acercar al alumno los temas científicos de una forma significativa.

- La forma en que la tarea se relaciona con las metas futuras, tales como los fines de estudio o las objetivos sociales

Para un profesor que sólo concibe a la docencia como el tránsito hacia estudios de posgrado, el tiempo que ocupa en preparar y dar su clase puede significarle un lastre y provocar a la larga frustración y conductas autoritarias. Por el contrario, si se pretende seguir en la docencia como una manera de hacer carrera académica, se buscarán espacios que faciliten el acceso hacia ese objetivo, sin descuidar a los alumnos, antes bien, considerándolos parte esencial del desarrollo académico.

- Costo del compromiso en las diferentes tareas. Aspectos negativos que implica el compromiso

Este es uno de los componentes que determina que un profesor continúe o no dentro de la docencia como una carrera académica. Pues las normas y

reglamentos para la permanencia y promoción implican períodos muy largos, en los que el profesor trabaja bajo condiciones de inestabilidad laboral, con bajo sueldo, pocos incentivos y una gran carga de trabajo. En el caso del CCH es el sector de los profesores de asignatura quien lleva la mayor carga de trabajo y las peores condiciones laborales. Lo que implica pocas horas, muchos grupos, salarios paupérrimos, inseguridad laboral entre otras condiciones (CCH, 2001).

- Metas académicas que persigue el docente: aprovechamiento, rendimiento y aprendizaje.

El considerar estar dentro de la docencia implica que el profesor reconozca sus limitaciones y esté dispuesto a participar en espacios en los cuales pueda aprender lo que necesita, por ejemplo formación didáctica/pedagógica y actualización disciplinaria. Así como, participación en foros y reuniones con miras a mejorar su trabajo docente. De la misma manera considerar un plan para cumplir con las diversas tareas encomendadas con el objetivo de participar en la vida académica de la escuela. De otra manera su actividad docente queda trunca y puede redundar negativamente en su rendimiento docente.

- Las expectativas, autopercepciones y creencias

¿Me siento capaz de realizar esta tarea?

Dentro de este componente tiene especial relevancia el papel del autoconcepto como el conjunto de percepciones y creencias que una persona tiene sobre sí misma en diferentes áreas. En el caso de los profesores de enseñanza media superior este aspecto es definitivo para el buen desempeño docente. Pues para la mayoría de los profesores (75%) la docencia no es una prioridad dentro de sus aspiraciones. Sin embargo con el fin de escapar al desempleo, ingresan como profesores con un cierto sentimiento de frustración por no poder desempeñarse en el área para la cual fueron formados. Lo que ocasiona que tengan un pobre autoconcepto y una baja autoestima, lo que da como resultado poco interés en la

docencia, falta de compromiso y actitudes autoritarias como una manera de soportar la frustración.

- Autoeficacia, la imagen que tengo de mí, respecto a mí desempeño docente.

Otro aspecto dentro del componente de expectativa, es que generalmente se busca la eficacia en el desarrollo de la cátedra de manera tradicional, llenando de datos e información a los alumnos para que “se den cuenta de que soy bueno”, elaborando exámenes que pregunten todo lo revisado en clase y cubriendo el programa completo sin preocuparse por el aprendizaje de los estudiantes. Dentro de este mismo rubro se puede ubicar la manera en que el profesor considera que es percibido por los funcionarios de la escuela, lo que se complementa con informes o reportes del desempeño de manera periódica. Muchas veces al elaborar el informe de trabajo, se exagera al describir lo hecho en el salón de clases, se incorpora información teórica que no se concreta en el salón, se hacen aseveraciones como “ logre un cambio conceptual”, lo que puede fácilmente desmentirse si se piden evidencias de los alumnos que apoyen lo que se está reportando.

5.3 El componente afectivo

¿Qué sentimientos y reacciones afectivas produce la realización de esta tarea?

¿Qué sienten los profesores cuando se enfrentan por primera vez a los alumnos?

Poco se ha estudiado esta cuestión relacionada con los profesores, sólo recientemente se ha considerado importante saber algunos de estos aspectos. Varios profesores manifiestan sentir miedo, angustia e inseguridad porque aunque dominan el contenido disciplinario, no tienen herramientas para ser accesibles a los alumnos. Por esa razón, es frecuente que repitan esquemas aprendidos durante su época de estudiantes. Los cuales suelen ser tradicionales,

principalmente en la exposición oral, en donde la mayor parte de la clase recae en el profesor (CCH, 2001). En este sentido Weiner (1986 citado por González, 2002) afirma, que el comportamiento depende no sólo del pensamiento sino también de los sentimientos. Por esto, es necesario contar con un servicio que esté atento a la problemática en relación con el profesor y no sólo con los alumnos como se considera hoy en día. Ya que además existen reportes que han colocado al trabajo docente en la lista de profesiones de alto riesgo, principalmente por el nivel de estrés y angustia que se crea sobre todo en períodos de fin de semestre o en épocas de evaluación docente. En donde el profesor espera los resultados de sus alumnos y los suyos mismos para saber como será ubicado en la lista de asignación de grupos o en la de estímulos. Lo que en ocasiones desvía el propósito central del docente, que es el promover aprendizajes en sus alumnos y no acumular puntos para la permanencia o promoción (CCH, 2001).

Como se ve el problema en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia es complejo, multifactorial e inclusive motivo de acalorados debates hoy en día. Ya que los factores van desde el contexto internacional hasta las políticas educativas nacionales pasando por las condiciones laborales, académicas e inclusive psicológicas del docente. A lo que habrá que agregar el papel que los alumnos juegan en este complejo problema. Por ello ante la imposibilidad de abarcarlos todos en un solo trabajo, nosotros nos avocamos únicamente a analizar cuál es el papel que juega el conocimiento previo sobre los conceptos científico que poseen los estudiantes de bachillerato en el aprendizaje, en nuestro caso específicamente en el aprendizaje del concepto de cambio biológico y su relación con la variabilidad genética. Para ello, como punto de referencia iniciaremos con una breve revisión bibliográfica de trabajos que se han realizado en este campo de la investigación educativa.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

El conocimiento alterno, las preconcepciones

Comenzaremos por hacer un breve recuento de los conceptos utilizados para describir este fenómeno, en un área a la que Millar (1989) ha llamado el “Movimiento de Concepciones Alternativas (ACM, por sus siglas en Ingles).” Esto es importante ya que ésta es un área de investigación que se va desarrollando rápidamente en la enseñanza de la ciencia, y muchos de los términos han caído paulatinamente en desuso, mientras que otros se han solidificado.

Como resultado de lo anterior, cuando se trata de leer algo de la investigación, en esta área pronto nos sumergimos en un mar de términos, y de confusiones. Así, encontramos una multitud de ellos, tales como:

Creencias ingenuas (Caramazza, McCloskey, y Green, 1980)

Ideas erróneas (Fisher, 1985)

Preconcepciones (Hashweh, 1988)

Fuentes subyacentes de error (Fisher, y Lipson. 1986)

Modelos personales de realidad (Champagne, Gunstone, y Anderson. 1980).

Razonamiento espontáneo (Viennot, 1985)

Dificultades persistentes (Meyer, 1987)

Concepción precientífica (Good, 1991)

por mencionar algunos. Esto no implica que estos términos no tengan mérito, es sólo para demostrar que la literatura está repleta de vocablos que tienen ligeramente (o a veces grandes) significados diferentes. Asimismo, muchos de los matices en el significado pueden fácilmente confundir al interesado en este tema. De hecho, en un principio, las ideas de los alumnos recibieron connotaciones claramente negativas. Sin embargo, poco a poco se ha pasado a una terminología menos negativa. Este cambio en la terminología, refleja el cambio de mentalidad que se está produciendo entre la comunidad investigadora sobre la naturaleza de las ideas previas y su papel en el aprendizaje. Ello ha sido acompañado de un mayor conocimiento por parte de los investigadores y de muchos profesores de la

epistemología de la ciencia y de los mecanismos cognitivos mediante los que se procesa la información.

¿Qué es una concepción alternativa, y por qué ahora muchos investigadores prefieren más ese término que el término originalmente dominante de “concepto falso?”

Abimbola (1988) y otros investigadores han hecho fuertes argumentos para utilizar el término de concepción alternativa. Para estos autores las concepciones alternativas, no sólo se refieren a las explicaciones basadas en la experiencia elaboradas por un estudiante para hacer una serie de fenómenos y objetos inteligibles, sino también confiere respeto intelectual al estudiante que tiene esas ideas, lo cual implica que las concepciones alternativas son válidas y racionales contextualmente y pueden llevar incluso a unas concepciones más fructíferas, e.g, concepciones científicas. Ya que a menudo se puede deducir una estructura conceptual o de conocimiento, válido o no, después de que uno sabe las concepciones alternativas propias que un estudiante tiene sobre algún tema científico en particular. De esta manera, el significado del término concepción alternativa es más específico, más cercano al estado cognitivo real del estudiante que el último término, concepto falso.

Igualmente, desde la perspectiva constructivista, -sí se considera que el término inicialmente preferido de “concepto falso”, significa un entendimiento vago, imperfecto, o equivocado de algo- muchos investigadores de esta corriente no están de acuerdo en el uso de este término, ya que afirman que no sólo contradice las visiones constructivistas del conocimiento, sino también significa que tales ideas tienen un valor negativo, que no atienden a ningún propósito cognitivo para el estudiante, y que por lo tanto debería ser rápidamente erradicado.

No obstante, no todos los investigadores, están de acuerdo con que el término de concepto falso sea descartado. En esta perspectiva, el término ya tiene significado

para la persona inexperta en este campo y, en un contexto de enseñanza de la ciencia, transmite el concepto de una idea en contradicción con el pensamiento científico actual, de ahí su connotación errónea. Adicionalmente, Gowin (1983), propuso cambiar de concepto falso a error. Error, sin embargo, tiene una connotación negativa y específica aún más fuerte que el de concepto falso, porque a menudo implica mala apreciación o violar una regla o principio clave. Por esa razón, concepto falso parece ser más apropiado que error.

En este sentido Good (1991), afirma que es importante seleccionar las palabras cuidadosamente en nuestros intentos de transmitir los significados deseados. Asimismo, Novak (1984) prefiere hablar de **–Jerarquías de la Proposición Limitadas o Inapropiadas–** porque ese término está basado en la teoría de aprendizaje (Ausubeliana), y señala las debilidades estructurales y funcionales en la estructura cognitiva del estudiante, mismas que son importantes a un tema de ciencia dado. Además hace hincapié en la reorganización conceptual requerida del estudiante a fin de formar concepciones válidas, y que sean compatibles con el constructivismo.

El mismo Good (1991), prefiere el término **concepción precientífica** porque es menos negativa que concepto falso, es específico para la ciencia, y enfatiza que las ideas del estudiante pueden finalmente llevarlo a la concepción científica actual sobre un tema, él piensa que el término **concepción precientífica** transmite mejor a los investigadores de la enseñanza de la ciencia los significados deseados.

No obstante todo lo anterior, aun cuando no se ha sometido a ninguna votación en este campo tan dinámico, concepción alternativa parece ser el término de preferencia para la mayoría de los investigadores en esta área. Para fines de este trabajo, en principio, asumimos como términos negativos aquellos que aludan a errores o equivocaciones, por lo cual no utilizamos esos conceptos en nuestras descripciones. Asimismo, dada la naturaleza de este trabajo asumimos que el

término concepción precientífica o preconcepciones científicas como más cercanas a nuestros propósitos.

Una vez revisado este punto, en seguida presentaremos una breve semblanza a manera de resumen sobre algunos consensos alcanzados en las investigaciones sobre las concepciones alternativas.

POSTULADOS SOBRE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

Empezando con el trabajo de Piaget en 1929 y continuando hasta el presente, se ha condensado un enorme esfuerzo en entender las formas en que los estudiantes ven el mundo natural y, consecuentemente, lo que los profesores necesitan saber para alentar el cambio conceptual en las ciencias físicas y de la vida.

Sin embargo, los investigadores en enseñanza de las ciencias comenzaron a estudiar las ideas previas de los alumnos de manera sistemática, sólo a partir de la recomendación de Ausubel (1976), sobre la importancia fundamental de considerar los conocimientos previos de los estudiantes, como punto de partida en la instrucción para lograr el aprendizaje significativo.

En este sentido, el concepto central de la teoría de Ausubel, manifiesta que el aprendizaje significativo, es un proceso a través del cual una nueva información se relaciona de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo, idea alterna. En este proceso la nueva información interacciona con una estructura de conocimiento específica, que Ausubel llama "concepto subsumidor", existente en la estructura cognitiva de quien aprende.

El subsumidor o preconcepto, es una idea o una preposición que ya existente en la estructura cognitiva puede servir de anclaje para la nueva información, de modo

que ésta adquiriera significados para el individuo. Se puede decir, entonces que el aprendizaje significativo se produce cuando una nueva información se “ancla” en conceptos relevantes (subsumidores) preexistentes en la estructura cognitiva.

En biología, por ejemplo, si existen ideas previas de los conceptos de mutación, variabilidad genética y adaptación en la estructura cognitiva del alumno, éstas servirán como subsumidores para nuevas informaciones, y en la medida en que esos nuevos conceptos fuesen integrados con los preexistentes, daría como resultado un crecimiento y reelaboración de los conceptos subsumidores iniciales, integrando ambos conocimientos en aprendizaje significativo. Por tanto, el aprendizaje significativo se caracteriza por una interacción, no una simple asociación, entre aspectos específicos y relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones, a través de las cuales éstas adquieren significados y se integran de manera no arbitraria y no literal.

Una vez que los investigadores aceptaron esta teoría, se desató un “boom” en esta área del conocimiento. Consecuentemente, tal vez más que cualquier otra tentativa de investigación reciente en la enseñanza de la ciencia, el programa de concepciones alternativas se ha beneficiado por una comunicación y cooperación sustancial, con contribuciones importantes de investigadores de casi todos los continentes y de muchos países Wandersee *et al* (1994). Así, mientras las producciones de este esfuerzo se han acumulado, un patrón repetido de declaraciones de conocimiento han emergido en la literatura Wandersee *et al* (1994).

En esta sección hemos seleccionado ocho de las afirmaciones repetidas más frecuentemente, en el tema de los conocimientos previos, preconcepciones científica o concepciones alternativas de los estudiantes.

1 LOS ESTUDIANTES LLEGAN A LA ENSEÑANZA FORMAL DE CIENCIA CON DIVERSAS Y VARIADAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS RESPECTO A LOS EVENTOS Y OBJETOS NATURALES

Esta afirmación es claramente la piedra angular del programa de investigación y es el centro de la actividad más intensa en el campo. Hasta 1997 se han listado en base de datos más de 1000 estudios que específicamente hablan del asunto del entendimiento de los conceptos científicos de los estudiantes. De este número, alrededor de dos tercios correspondían al del dominio de la física; cerca de 200 estudios en biología, y aproximadamente 134 centrados en química.

Descubrimientos Representativos – Física

Del total de los estudios sobre la materia escolar de Física, aproximadamente 300 han sido dedicados a los conceptos en mecánica (incluyendo fuerza y movimiento, gravedad, velocidad, y aceleración), cerca de 160 a electricidad; de 70 a los conceptos de calor, óptica, la naturaleza particular de la materia, y energía. Mientras que a las ciencias de la tierra y el espacio unos 35 estudios, finalmente a la “física moderna” (física basada en la teoría cuántica y de la relatividad) cerca de 10 Wandersee *et al* (1994).

Dado el objetivo de este trabajo, centrado en la Biología, sólo ofreceremos un ejemplo ilustrativo en el área de la Física. En el tema del calor y la temperatura. Erickson (1980) enfocó su atención en las ideas de los estudiantes en dos temas. Mientras que Shayer y Wylam (1981) intentaron proyectar el desarrollo de los conceptos de calor y temperatura sobre las etapas clásicas de Piaget, otros investigadores buscaron explorar las ideas de los niños en sus propios términos, sin comparación con ningún estándar externo fijo. Erickson (1980) descubrió un vasto almacenamiento de ideas sobre los fenómenos térmicos. Primero entrevistó a 10 niños (edad 10 a 12) y descubrió por ejemplo: (1) “el calor hace que las cosas aumenten de tamaño,” (2) “el calor y el frío son sustancias materiales que pueden ser transferidas de una cosa a otra,” y (3) “el calor se acumula en algunas

áreas y fluye a otras.” Algunas de estas ideas parecían ser composiciones únicas; otras fueron reminiscencias de la vieja “teoría calórica” del calor que tenían algunos científicos del siglo XVIII. No obstante otros niños representaron aproximaciones razonables de la explicación “cinética-molecular” actualmente aceptada. En una investigación más detallada, este mismo autor, aplicó un instrumento de selección guiado a más de 250 estudiantes de cuarto y sexto de primaria, y de segundo de secundaria. Encontró que los estudiantes respondían coherentemente a los tres puntos de vista representados anteriormente. Las ideas comunes entre los niños fueron que “los cubos de hielo grandes tardan más que los pequeños en derretirse porque están más fríos” y que “la cera se derrite cuando se calienta porque es suave.”

Descubrimientos Representativos en Biología

La investigación sobre los conceptos biológicos de los estudiantes se ha ampliado considerablemente, un análisis de contenido listaba más de 300 estudios para 2002 en la base de datos ERIC. Estos estudios en biología han sido categorizados en cinco áreas temáticas: (1) la vida, (2) animales y plantas, (3) el cuerpo humano, (4) continuidad (incluyendo reproducción, genética, y evolución), y (5) otros fenómenos biológicos (desde tejidos de células hasta comida).

Los significados que los estudiantes asignan a los conceptos de animal y planta han sido, razonablemente bien documentados. (Tema 1989; Trowbridge y Mintzes, 1988). Parece que los estudiantes de todas las edades coinciden con un entendimiento altamente limitado sobre los animales, etiquetando casi exclusivamente a los vertebrados, especialmente a los mamíferos terrestres comúnmente encontrados en casa, granjas o zoológicos. Cuando se les pregunta, “¿Qué es un animal?”, las respuestas comunes de los estudiantes son que “están vivos,” “tienen piernas,” “se mueven” “tienen pelo o pelaje,” y “viven fuera o en el bosque.” Las características de las plantas son aún más pobremente entendidas por los estudiantes de ciencia. Stavy y Wax (1989) descubrieron que sólo el 57 por ciento de los niños israelitas de 11 a 12 años consideraron en sus estudios

que las plantas tienen vida, sólo el 66 por ciento pensó que las plantas se reproducen, y el 88 por ciento pensó que las plantas deben alimentarse.

En este mismo contexto, la investigación sobre el entendimiento de los estudiantes sobre los conceptos anatómicos y psicológicos humanos revela que incluso niños pequeños tienen ideas bien desarrolladas sobre el cuerpo humano (Arnaudin y Mintzes, 1985). Muchos niños (entre los 10 años) pintan una serie enorme de estructuras internas cuando se les pide que dibujen el interior de su cuerpo. Las estructuras comunes dibujadas incluyen el estómago, corazón, cerebro, músculos, huesos, pulmones, riñones, y venas. La ubicación, tamaño y forma de los órganos que los niños dibujan y las funciones que ellos les asignan son bastante consistentes con ideas populares. Por ejemplo, el corazón es a menudo dibujado en la forma del corazón del día de San Valentín, y muchos niños afirman que éste limpia, filtra, o fabrica la sangre. Una gran proporción de estudiantes de todos los niveles parecen creer que un sistema separado de tubos lleva el aire al corazón y otro a las estructuras del cuerpo.

Además de sus ideas sobre el cuerpo humano, muchos estudiantes tienen un almacén de conocimientos precientíficos sobre la reproducción y la herencia (Engel-Clough y Wood-Robinson, 1985; Kargbo, Hobbs y Erickson, 1980). Los niños pequeños parecen estar de acuerdo con una serie de ideas secuenciales sobre los orígenes. Primero ellos niegan el nacimiento; luego lo reconocen pero niegan el papel de los padres; seguidamente, aceptan el papel de la madre y mucho más tarde el del papá. Cuando se les pregunta sobre la transmisión de los rasgos hereditarios, a menudo atribuyen algunos rasgos (e.g. ojos y color del pelo) a la mamá y los otros (e.g. altura y peso) al papá. Muchos individuos de todas las edades están de acuerdo con un tipo de mezcla pre-mendeliana de rasgos de los padres en los hijos. La idea de que los rasgos hereditarios cambian al pasar el tiempo es a menudo reconocida, pero el cambio es a veces visto como una respuesta a la variación ambiental – una idea que Jungwirth (1988) ha llamado “evolución invertida” y “adaptación preconcebida.”-

Por lo que se refiere a la estructura de las células y los fenómenos celulares, incluyendo la división celular, síntesis de proteínas, respiración, y fotosíntesis, han recibido una atención creciente (Anderson, Sheldon y Dubay, 1990; Barker y Carr, 1989; Dreyfus y Jungwirth 1989; Stavy, Eisen y Yaakobi, 1987). La idea que las plantas verdes sintetizan su propio alimento intracelularmente parece tener un problema insuperable para muchos estudiantes. Cuando se les pregunta sobre la nutrición de la planta, una gran proporción de individuos, incluyendo aquellos que han tomado cursos previos de biología, insisten en que las plantas obtienen alimento de la tierra.

Descubrimientos Representativos en Química

Además de los estudios de las concepciones de los estudiantes sobre calor, temperatura, y la naturaleza particular de la materia, el trabajo en química se ha dirigido a las ideas de enlace covalente, electroquímica, transformación de la materia, reacciones químicas, equilibrio químico, estequiometría, y medición molar (Andersson, B. 1990; Cros, Chastrette, y Fayol, 1988; Garnett y Treagust, 1990; Gussarsky y Gorodetsky, 1990; Peterson y Treagust, 1989).

Los problemas conceptuales concernientes a los átomos y moléculas son mucho más básicos que los anteriores. En un estudio con alumnos de 12 a 16 años de edad en Suecia, Anderson (1990) descubrió que muchos alumnos pensaban que los átomos variaban en su forma (e.g., cuadrados, rectangulares). También descubrió que los estudiantes a menudo transfieren macropropiedades de elementos al mundo micro, sugiriendo, por ejemplo, que los átomos de fósforo son amarillos, los átomos de cobre son maleables, las moléculas de naftalina huelen, y que las moléculas de agua están hechas de gotitas.

Andersson (1990) también descubrió que los estudiantes inventan sistemas químicos para evitar explicar los fenómenos que ellos no entienden. Por ejemplo, las partículas son a menudo visualizadas como unidades apretadamente amontonadas sin espacio entre ellas, para evitar la cuestión difícil de la “nada.”

Aunque aparentemente los conceptos de los átomos y moléculas son bien entendidos, la naturaleza de las interacciones entre ellos posee otros problemas. Hackling y Garnett (1985) descubrieron un número importante de estudiantes de química de preparatoria que tenían malentendidos fundamentales sobre la naturaleza del equilibrio químico. Muchos parecían pensar que el equilibrio se alcanza cuando las concentraciones de reactivos y productos son iguales. A menudo los estudiantes no reconocen la naturaleza dinámica de los sistemas en equilibrio, a veces fallan en concebir una mezcla como una sola entidad e intentan “balancear” el lado izquierdo y derecho de una ecuación independientemente (Gussarsky y Gorodetsky, 1990).

En este contexto Millar (1989) encontró evidencia que la teoría cinética-molecular es difícil de enseñar al principio de un curso introductorio de química porque no es de utilidad prácticamente para los estudiantes en ese momento. También cuestiona la sabiduría convencional que los estados de la materia deberían ser enseñados al principio de un curso de química para fijar la etapa para la teoría cinética-molecular, observando que muchos estudios de investigación de concepciones alternativas muestran que los estudiantes tienen gran dificultad de entender la naturaleza particular de la materia – especialmente con respecto a los gases. Él aconseja que cuando los estudiantes tengan mucho más experiencias de fenómenos químicos y estén familiarizados con “ las descripciones químicas sobre los niveles continuos y discontinuos, podrán estar en una mucho mejor posición para construir en su propio pensamiento los poderosos conceptos explicativos que la estructura atómica y la teoría cinética-molecular proporcionan” (pp 590).

2 LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS QUE LOS ESTUDIANTES TRAEN A LA ENSEÑANZA FORMAL DE CIENCIA VAN EN CONTRA DE LOS LÍMITES DE EDAD, HABILIDAD, GÉNERO, Y CULTURA

Una afirmación frecuentemente encontrada en la literatura de las concepciones alternativas es que las ideas de los estudiantes sobre los fenómenos naturales están relacionadas a factores como la edad, habilidad, género, y cultura. Por ejemplo, Champagne *et al* (1983) encontraron que los sistemas explicativos descriptivos ingenuos muestran una consistencia notable a través de poblaciones diversas, sin tener relación con la edad, habilidad, o nacionalidad. Ogunniyi (1987) reporta una variedad de explicaciones tradicionales y científicas sobre los fenómenos cosmológicos entre nigerianos alfabetas y analfabetas, sin relación alguna con el nivel de educación, sexo edad, religión, localidad o tribu. Peters (1982) sugiere que incluso estudiantes con honores tienen dificultades conceptuales en física.

¿Qué evidencias tenemos para sostener estas afirmaciones?

De los cuatro factores mencionados, el efecto de la edad ha recibido la mayor atención de los investigadores, este factor por sí solo es problemático, aun así, es a menudo confundido con otras variables. No obstante, una revisión de estudios que incluye sujetos de un amplio grupo de edades sugiere, sin ninguna sorpresa, que las concepciones alternativas son características de los estudiantes de todos los niveles. Sin embargo, las frecuencias de estas ideas varían considerablemente por el dominio de conocimiento y por el nivel y calidad de una enseñanza previa (Novick y Nussbaum, 1981; Trowbridge y Mintzes 1988).

En un estudio sobre la fotosíntesis, que implicó a 1400 sujetos en los Estados Unidos en los grados cuarto de primaria, primero de secundaria, primero de preparatoria, y primero de universidad, Wandersee (1983) les preguntó, ¿De dónde proviene la mayoría del alimento de las plantas? Más del 60 por ciento de

los estudiantes de primaria y secundaria y cerca de la mitad de los estudiantes de universidad dijeron que de “la tierra.” En este mismo contexto, Arnaudin y Mintzes (1986) encontraron que más del 66 por ciento de los niños en cuarto año y cerca del 50 por ciento de los estudiantes de universidad estaban de acuerdo con un sistema cardiovascular “abierto” con la sangre dejando los vasos sanguíneos y circulando en o alrededor de las células. Aparentemente tal concepción es aún más común en los estudiantes de primer año de medicina (Patel, Kaufman y Magder, 1991). Asimismo, Novick y Nussbaum (1981) reportaron la persistencia del modelo de materia “continuo”, que caracterizó el 90 por ciento de los niños de primaria y cerca del 60 por ciento de los estudiantes de universidad.

Está claro que las frecuencias de algunas concepciones alternativas cambian poco a través del tiempo, mientras que otras cambian dramáticamente. También parece que algunos campos tienen más concepciones alternativas persistentes que otros (Engel-Clough y Driver, 1986).

En lo que se refiere a los temas de destreza intelectual y género, Peters (1982) reportó las frecuencias de errores hechos por los estudiantes inscritos en un curso introductorio de física a nivel licenciatura en la Universidad de Washington. Muchos de estos estudiantes (que se encontraban dentro del 3 por ciento de los mejores en sus clases) mostraron una serie amplia de dificultades conceptuales en los problemas de funcionamiento en cinética, dinámica, electricidad, y magnetismo. En un estudio similar comparó a los estudiantes de física de preparatoria “dotados” (es decir, IQ= 146) y los “no dotados”(es decir, IQ=116), no encontró, sorprendentemente, diferencias significativas entre esos grupos en la habilidad de resolver problemas involucrando los movimientos de objetos ordinarios encontrados en la vida cotidiana. Ambos grupos tenían conceptos falsos comunes sobre los objetos en movimiento, no importando sus diferencias aparentes e intelectuales .

En una era donde las cuestiones del género se están volviendo cada vez más importantes, algunos estudios han examinado el efecto de las concepciones alternativas entre hombres y mujeres. En ellos se han reportado diferencias, generalmente sugieren que los hombres tienen menos concepciones alternativas que las mujeres. Sin embargo, esto puede ser un resultado engañoso del diseño y enfoque del estudio. Los ejemplos que parecen apoyar esta generalización incluyen estudios sobre el movimiento de proyectil (Maloney,1988), astronomía (Jones, Lynch y Reesnik. 1987); clasificación biológica (Lazarowitz, 1981), y selección natural (Jiménez Aleixandre,1991).

En el caso de las diferencias culturales, tal vez por la naturaleza internacional del estudio de investigación de las concepciones alternativas, los estudios entre culturas son comunes. Los hay que comparan a las poblaciones entre los países occidentales avanzados, éstos parecen encontrar pocas diferencias de importancia estadística. Se encuentra un ejemplo en el trabajo de Viennot (1979), que comparó a los estudiantes universitarios franceses, británicos y belgas sobre ideas intuitivas en dinámica básica. En contraste, los estudios que buscan las diferencias en culturas substancialmente divergentes a menudo encuentran una “capa” de visiones tradicionales que son completamente distintas de las explicaciones ofrecidas por la ciencia contemporánea. Los ejemplos incluyen las ideas en Nepal sobre la tierra y la gravedad (Mal y Howe, 1979), ideas en Nigeria sobre cosmología (Ogunniyi, 1987), ideas sobre el aire y presión del aire tenidas por los profesores de primaria en Suazilandia (Rollnick y Rutherford, 1990) y el efecto del lenguaje en el concepto de velocidad en niños japoneses y tailandeses (Mori, Kojima, y Tadan, 1976). Parece ser que estas ideas “tradicionales” a menudo constituyen una segunda capa de explicaciones que pueden contribuir a un mosaico de concepciones alternativas que incluya las llamadas concepciones intuitivas encontradas en los países occidentales. Este mosaico de poblaciones, en cambio puede reflejar los mosaicos proposicionales conceptuales individuales.

3 LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SON FIRMES Y RESISTENTES A LA EXTINCION POR ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA CONVENCIONALES

Tal vez el aforismo más frecuentemente citado en la literatura de las concepciones alternativas es la advertencia de Ausubel (1978), en cuanto a que las preconcepciones son muy firmes y resistentes a la extinción. Aunque la resistencia al cambio ha sido notada en una variedad de campos de conocimientos, es interesante observar, y de importancia potencial, que el fenómeno ha sido reportado más a menudo en las ciencias físicas que en la ciencias de la vida y dentro de las ciencias físicas es más frecuente identificado con fenómenos contraintuitivos tales como aquellos que tienen que ver con cuerpos en movimiento. No obstante, se debe tener en cuenta en diferenciar esta resistencia en el aspecto de una enseñanza de alta calidad, continua y que incluya estudiantes bien preparados, capaces, altamente motivados y la simple falla de aprender en un corto tiempo bajo condiciones desfavorables. Tomar en cuenta estas diferencia puede tener profundas implicaciones para aquellos comprometidos con el desarrollo de estrategias de intervención.

Así, en estudios que satisfacen los criterios de una enseñanza de alta calidad y de estudiantes bien preparados Clement, (1982) encontró en estudiantes de preingeniería en la Universidad de Massachusetts, a la mitad de un curso de física, que el 75 por ciento no pudieron predecir la trayectoria de un cohete, comparado con el 88 por ciento que falló esta pregunta al inicio del curso. Resultados algo comparables fueron los reportados por Gunstone (1987), quien examinó a más de 5000 estudiantes de física de preparatoria al final de los exámenes de fin de curso en Australia.

Trowbridge y McDernott (1981) encontraron que aproximadamente el 66 por ciento de los estudiantes inscritos en un curso de física basado en cálculo en la Universidad de Washington no pudieron, en una evaluación después del curso, aplicar adecuadamente los conceptos de aceleración. De igual manera,

Caramazza *et al.* (1980) reportaron que más de una tercera parte de los estudiantes de primer ingreso a la Universidad Johns Hopkins que habían tomado un año de física en la preparatoria no pudieron predecir acertadamente la trayectoria de una pelota saliendo de un tubo en espiral.

En contraste, Bello y Barker (1982) reportaron una tentativa exitosa de modificar las ideas de los estudiantes del concepto sobre el animal, aplicando la estrategia de ejemplos múltiples y ejemplos no múltiples a grupos pequeños. En este ejemplo un grupo de niños de 14 años estaban renuentes, en un pre-examen, a aplicar la etiqueta animal a organismos tales como una lombriz, una polilla, y una araña (sólo cerca del 25 por ciento lo hicieron bien). Después de aplicar la estrategia, prácticamente todos los niños incluyeron a dichos invertebrados dentro del campo animal.

El mensaje parece claro: No todas las concepciones alternativas son firmes y hay áreas donde éstas parecen más persistentes. Por ello es importante diferenciar entre los conceptos que pueden requerir estrategias altamente especializadas de cambio conceptual y aquellos que son igualmente probables de producir, por métodos convencionales bien planeados. Por consiguiente, el conocimiento de la investigación de concepciones alternativas específicas de cualquier disciplina podría ser considerado la base de la preparación profesional de profesores de ciencia expertos.

4 LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS A MENUDO SON COMPARABLES CON LAS EXPLICACIONES DE FENÓMENOS NATURALES OFRECIDAS POR GENERACIONES PREVIAS DE CIENTÍFICOS Y FILÓSOFOS

Este tema aparece repetidamente en la literatura de concepciones alternativas, abarcando una serie continua de ideas desde aquellos que afirman que el desarrollo conceptual de los niños resume ideas importantes en la historia de la ciencia, hasta aquellos que solamente señalan las similitudes en estos campos.

Wandersee *et al* (1994) al hacer una revisión de los trabajos de Piaget encontraron que en su hipótesis de la epistemología genética afirma que hay un paralelismo entre el progreso hecho en la organización lógica y racional del conocimiento y los procesos psicológicos correspondientes. En este aspecto, Champagne *et al.* (1980) en su trabajo sobre el entendimiento de los estudiantes sobre la mecánica clásica, concluyen que las reglas del sistema de creencias empleado por estudiantes universitarios de física son comparables con los aspectos descriptivos de la física Aristotélica.

En este contexto (Lythcott, 1985 y Wandersee, 1986), han realizado un esfuerzo sustancial en el análisis de los paralelos potenciales. Estos estudios han examinado los conceptos históricos paralelos en biología y química. Sin embargo, la mayoría de los estudios han estado dentro del campo de la física, especialmente el área de la cinemática (Hashweh, 1988).

En el área de la biología, también se ha sugerido que las opiniones de los estudiantes sobre el cambio orgánico en los organismos vivientes implica un tipo de visión de la evolución Lamarckiana. Jean Baptiste Pierre Antoine de Lamarck (1774-1829) proporcionó una explicación comprensiva de la evolución la cual descansaba en gran parte en tres principios básicos: aquellos de “necesidad,” “uso y desuso,” y “herencia de características adquiridas.”

¿Qué tan similares son estos principios a aquellos que tienen los estudiantes?

El primero de estos principios (Lamarck, 1809) sugiere que “grandes alteraciones en el medio ambiente de los animales llevan a grandes alteraciones en sus necesidades” y “si las nuevas necesidades se vuelven permanentes, los animales entonces adoptan nuevos hábitos que duran tanto como las necesidades que los produjeron.” Bishop y Anderson (1990) y Brumby (1984) han citado varios ejemplos de este tipo de pensamiento en los estudiantes universitarios de biología. Así, en un problema, los estudiantes afirmaron que “los chitas necesitaban correr

rápido para obtener comida, entonces la naturaleza les permitió desarrollar las habilidades de correr más rápido.” En otro, se sugirió que la piel oscura se desarrolla en África porque ellos necesitan ser protegidos de la intensa radiación solar.

El segundo principio sostiene que “el uso más frecuente y sostenido de un órgano, gradualmente fortalece ese órgano, lo desarrolla, y lo agranda, mientras que la constante falta de uso de tal órgano, imperceptiblemente lo debilita, lo empeora y termina causando que desaparezca.” Una vez más, Bishop y Anderson (1990) proporcionan un ejemplo de esto en estudiantes universitarios que afirman que los murciélagos ciegos de cueva desarrollan pequeños ojos no funcionales por el no uso de estos órganos. Muchos estudiantes confunden la hipertrofia de grupos de músculos en los atletas como ejemplo de este principio.

El tercer principio afirma, “Todo lo que la naturaleza les ha causado a los individuos adquirir o perder por la influencia del medio ambiente es preservado en la reproducción para los nuevos individuos que se originan de allí, y las modificaciones adquiridas son comunes a ambos sexos.” La idea de la herencia de características adquiridas parece tener una gran cantidad de llamamiento intuitivo, especialmente en el contexto de un problema que se extiende por un período de tiempo demasiado largo. Engel-Clough y Wood-Robinson (1985) en un problema, les presentaron a alumnos de 12 a 16 años la situación de una pareja casada “que entrenaban duro para llegar a ser buenos atletas.” Se les preguntó a los estudiantes, “Si los hijos de esta familia practicaban duro por varias generaciones ¿se obtendrían automáticamente corredores rápidos en aproximadamente 200 años?” El 48 por ciento dijo que sí. De este mismo grupo un 44 por ciento también pensó que los bebés ratones a cuyos ancestros se les había cortado la cola por varias generaciones nacería con colas más cortas.

En el contexto de la química, los paralelos entre el desarrollo histórico de los conceptos químicos y las concepciones alternativas de los estudiantes han

reportado ideas sobre la naturaleza material de los gases que parece de acuerdo con el pensamiento previo al siglo XVII, especialmente el de Aristóteles (Stavy, 1988). Aristóteles reconoció sólo cuatro elementos (aire, fuego, tierra, y agua) y sostenía que sólo estas dos últimas eran materiales, en el sentido de que poseían masa y ocupaban espacio. Para Aristóteles y subsecuentes filósofos de la naturaleza, no había clara distinción entre “aire” (gases) y espíritu, niebla, vapor, o aliento. Todas estas entidades se pensaban que eran productos de condensación de una sustancia que era alternadamente etiquetada como “neuma” o “espíritus”

Como consecuencia de lo anterior, se puede sugerir que la historia de la ciencia podría ser utilizada para animar y ayudar al estudiante de ciencia a descubrir sus propias debilidades conceptuales.

5 LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS TIENEN SU ORIGEN EN UN CONJUNTO DIVERSO DE EXPERIENCIAS PERSONALES INCLUYENDO LA OBSERVACIÓN DIRECTA Y PERCEPCIÓN, CULTURA Y LENGUAJE IGUALES, TAMBIEN EN LAS EXPLICACIONES DE LOS PROFESORES Y MATERIALES DE ENSEÑANZA

En el caso de las concepciones alternativas derivadas de la observación directa y la percepción, los datos primarios son a menudo afirmaciones propias de los sujetos en cuestión, por ello tales orígenes son difíciles de generalizar. Sin embargo, algunos estudios han proporcionado ideas útiles. Por ejemplo, Champagne *et al* (1983) afirman que muchas de las ideas intuitivas en la mecánica simple son producto de repetidas interacciones entre los niños y los objetos físicos o eventos en su medio ambiente inmediato. Para este autor el macroesquema de los estudiantes sobre el movimiento se deriva de años de experiencia con los objetos en movimiento y sirve satisfactoriamente a los estudiantes al describir el mundo. Asimismo él afirma que para un niño pequeño, las interacciones con una madre, padre, parientes, otros adultos e iguales serán

los eventos más sobresalientes y por ello es en estas áreas donde se debe esperar las teorías más tempranas y más elaboradas sobre este tema.

Estas dos afirmaciones no son mutuamente exclusivas, pero se centran en un tema de alguna manera controversial: los orígenes de las concepciones alternativas de los niños tanto en las ciencias físicas como en las biológicas (Bloom y Borstad, 1990; Lawson, 1991, Lythcott y Duschl, 1990). Si Champagne *et al* (1983) están en lo correcto, uno esperaría encontrar niños pequeños llegando a la escuela con ideas establecidas sobre los cuerpos en movimiento. En contraste, la posición de Pozo (1997) parece mejor en predecir la especulación temprana del niño sobre la conducta humana y posiblemente la naturaleza de las funciones biológicas básicas tales como la ingestión, digestión, respiración y excreción.

Quizás por ello las concepciones alternativas sobre los cuerpos en movimiento se encuentran entre las más tempranas y persistentes de los problemas de ciencia de los niños, ya que muchos de ellos extraen del mundo real sus primeras experiencias sobre gravedad y velocidad, trasladándolas al ámbito escolar, en cuyo ámbito, sin embargo, factores como la fricción y la resistencia al aire, no perceptibles en el mundo real, son importantes.

No obstante, estos descubrimientos no son sorprendentes, si consideramos la afirmación constructivista de que los estudiantes arman significados alrededor de los objetos y eventos con los que ellos entran en contacto inmediato y directo Osborne y Wittrock (1985). Desde esta perspectiva se podrían pronosticar ideas tempranas sobre fenómenos simples en los campos físico y biológico, pero no se esperaría ninguna teorización temprana sobre la respiración celular, la división mitótica de células, la mecánica cuántica o la relatividad. Por consiguiente, el origen de las concepciones alternativas en las ciencias biológicas y físicas necesita ser mejor documentada.

Por lo que se refiere al papel de la cultura y lenguaje iguales en el desarrollo del entendimiento científico, estos han recibido atención considerable (Hawkins y Pea, 1987; Solomón, 1987 y Stenhouse, 1986). Las evidencias de estos trabajos sugieren fuertemente que los significados que los estudiantes construyen en el uso diario de términos “técnicos” tienen un impacto importante en su entendimiento de aquellos términos en un contexto científico.

Así, Solomón (1987) sugiere que los estudiantes a menudo utilizan dos sistemas separados de conocimiento que comparten elementos comunes de terminología, él sugiere que para que funcionen eficientemente en el mundo de la ciencia y en el mundo cotidiano, los estudiantes aprenden recordatorios y señas que les ayudan a distinguir entre los dos sistemas. De esta manera parece que los mejores estudiantes están más conscientes de estos dos campos y son más expertos en alternar según sea apropiado. En un estudio de chicos de 14 a 15 años este autor mostró que los alumnos que están conscientes de significados múltiples del concepto de energía están más capacitados para proporcionar una definición aceptable en un examen escrito.

En el caso del papel de la cultura y lenguaje iguales en el desarrollo conceptual en la ciencia, Hewson y Hamlyn (1984) entrevistaron a chicos de 15 años y adultos de la tribu Sotho que habitan en la meseta interior del sur de África sobre su entendimiento de los fenómenos del calor y temperatura. Los investigadores descubrieron que la cultura contiene una “metáfora poderosa en cuanto al calor la cual se impregna en muchos aspectos de la vida, tales como que, el calor es malo y lo frío es bueno.” Como resultado, la designación “caliente” se les da a los individuos que están cansados, impacientes, enojados, enfermos o desconsolados y a las mujeres que están embarazadas o menstruando. Además, las explicaciones físicas del calor generalmente no incluyen la idea “térmica” que es a menudo una parte de la estructura explicativa utilizada en las culturas occidentales.

Adicional a lo anterior, hay evidencia sustancial de que los libros de texto y los profesores proporcionan inadvertidamente otra vía para la introducción de concepciones alternativas (Andersson, 1990; Garnett et al; 1990; Veiga, *et al* 1989; Cho y Nordland. 1985).

Por ejemplo, Cho y Nordland. (1985) identificaron a los tres libros de texto de biología más comúnmente utilizados en las preparatorias norteamericanas como las fuentes potenciales de falsas concepciones en genética. Entre los problemas que identificaron estaban aquellos relacionados con la secuencia del contenido, establecimiento de relaciones conceptuales, uso de la terminología, e introducción de elementos matemáticos. Así, los tres libros presentaban los temas de la división celular meiótica y genética en capítulos separados. Asimismo, ningún libro relacionaba claramente los conceptos centrales de la separación de cromosomas y la repercusión en el ADN. De igual manera, los términos “gen” y “alelo” se usaban intercambiabilmente, y finalmente el cuadrado de Punnett era tratado como un algoritmo gráfico para resolver problemas de genética sin relacionarlo con la segregación y la variedad independiente de cromosomas.

En este contexto, Barras (1984) identificó 15 concepciones falsas en el trabajo escrito de los estudiantes, que él afirma son frecuentemente perpetuadas por los profesores y los libros de texto de biología. Entre ellos encontró algunos serios problemas conceptuales, como son los siguientes: las plantas verdes fotosintetizan durante el día y respiran en la noche; las células de las plantas tienen una pared celular pero no una membrana celular.

Suplementario a lo anterior Andersson (1990) ha señalado que los diagramas y las figuras encontradas en los libros de texto son otra fuente potencial de dificultad conceptual. Por ejemplo, un libro de química sueco representa a niveles moleculares, un matraz que contiene potasio y gas cloro lo cual sugiere que la distancia entre las partículas en un sólido y en un gas es la misma. Otra figura

muestra un cristal de sal con cinco a seis diámetros atómicos entre las partículas, sugiriendo que “ una sal es como un gas con moléculas en perfecto orden.”

Algunos profesores, desafortunadamente sirven como otra fuente importante de concepciones alternativas. En algunos casos, el problema aparentemente reside en los errores conceptuales o la deficiente preparación adquirida por los mismos docentes; en otros casos, el lenguaje que los profesores emplean en la clase resulta en un conjunto de consecuencias de aprendizaje no intencionadas; también una fuente adicional puede ser el uso de analogías incorrectas o el abuso en la utilización de ellas.

6. LOS PROFESORES A MENUDO ESTÁN DE ACUERDO CON LAS MISMAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS ESTUDIANTES

La afirmación anterior de que los profesores tienen una serie sustancial de concepciones alternativas en el campo de las ciencias naturales no debería ser particularmente sorprendente, especialmente para los mismos profesores. La persistencia de estas concepciones alternativas tal vez se deba, como se mencionó antes, a una pobre escritura de los libros, a cursos de ciencia deficientemente impartidos, o a la falta de actualización.

Por ejemplo, en un taller de entrenamiento en la ciencia física, Lawrenz (1986) aplicó 31 puntos de opción múltiple tomados del examen de física de la Evaluación Nacional para el Progreso de la Enseñanza (NAEP) a más de 300 profesores de primaria en Arizona. El puntaje promedio de los profesores, 19 de 31, fue comparable con el 48% de los alumnos de 17 años que tomaron el examen. Una pregunta sobre la conservación de la masa contenía el siguiente problema: “El metal al combinarse con el oxígeno forma oxidación ¿el metal; pesa igual, pierde peso o pesa más?” Sólo el 36 por ciento de los profesores seleccionaron la respuesta correcta (pesa más), el 46 por ciento pensó que el metal perdería peso

y el restante porcentaje que pesaría igual, cifras similares fueron encontradas en los adolescentes.

Adicional a lo anterior, varios estudios del entendimiento de los profesores sobre los fenómenos de la luz y la óptica revelan la similitud esencial de sus concepciones alternativas y las de sus estudiantes. Por ejemplo, Smith (1987) entrevistó a 10 profesores de primaria antes y después de un programa de verano de cuatro semanas sobre la luz, sombras y otros fenómenos. Los docentes tuvieron la oportunidad de leer sobre las concepciones alternativas de los niños, explorar sus propias ideas sobre diversos temas, realizar una variedad de experimentos relevantes, y entrevistar a niños. Al principio, los profesores “proporcionaron la evidencia de que sus errores conceptuales son similares a las concepciones falsas de los niños,” teniendo un modelo de luz como algo que “ilumina” los objetos y proporcionaron ejemplos, sol, bombilla, etc, muy parecidos a los de los niños. Estos profesores carecían del modelo conceptual general de la luz viajando en todas direcciones desde una fuente y, como resultado, no pudieron proporcionar explicaciones satisfactorias sobre las sombras, colores y refracción. Al final del programa, una vez que recibieron instrucción al respecto, la mayoría de los profesores habían empezado a reemplazar sus concepciones alternativas, aunque les fue muy difícil renunciar a ellas.

7. EL CONOCIMIENTO PREVIO DE LOS ESTUDIANTES INTERACTÚA CON EL CONOCIMIENTO PRESENTADO EN LA ENSEÑANZA FORMAL, RESULTANDO EN UN CONJUNTO DIVERSO DE APRENDIZAJE NO INTENCIONADO

Como si el problema de las concepciones alternativas de los profesores no fuera suficiente, la dificultad es combinada cuando el conocimiento del profesor interactúa con el conocimiento precientífico que los estudiantes traen a clase. En este sentido, Osborne, *et al* (1983) han presentado evidencias convincentes de resultados de enseñanza no intencionados que ellos llaman las “consecuencias de la ciencia de los niños.” Estas consecuencias son producto de una interacción

entre dos “visiones del mundo” epistemológica y conceptualmente divergentes, aquélla del profesor y aquélla del estudiante. En referencia a este estudio, estos autores sugieren cinco categorías de resultados de enseñanza no anticipados que ocurren frecuentemente pero que a menudo pasan desapercibidos por los profesores.

1. El “Resultado de la Ciencia de los Niños No Perturbado” en el campo de la física es aparentemente típico de mucha enseñanza de la mecánica newtoniana; mientras que en el área de la biología son los mecanismos de la evolución. En ambos casos, la visión del estudiante permanece substancialmente sin cambiar a pesar de la intervención docente. La evidencia de este fenómeno de ‘tenacidad’ es posiblemente el descubrimiento reportado más frecuentemente en el campo del conocimiento previo.

2. El “Resultado de las dos Perspectivas” el estudiante adquiere una estructura conceptual que es aplicada a la ciencia de la escuela pero conserva otro conjunto de explicaciones de los fenómenos del mundo real. Este resultado cognitivo es caracterizado por la falta de integración de los conceptos y es típico de mucho aprendizaje rutinario en la ciencia escolar (Ausubel *et al.*, 1978). En el caso de la física los ejemplos incluyen: $Fuerza = (Masa) \times (Aceleración)$, para uso en la escuela, *versus* “el movimiento implica una fuerza”, para uso en el mundo real. Mientras en la biología es la selección natural *versus* creacionismo (Bloom, 1989).

3. “El resultado de la mala interpretación” los estudiantes a menudo utilizan el conocimiento presentado por sus profesores de ciencia para apoyar sus propias preconcepciones, hecho que Osborne (1983) ha denominado el “Resultado Reforzado.” El reportó un intento de enseñar los circuitos eléctricos a niños de primaria utilizando una analogía del sistema circulatorio humano; se decía que los cables eran análogos a las venas de sangre, la corriente eléctrica al flujo de la sangre, la batería al corazón y el cuerpo central, la bombilla encendida a un dedo obteniendo calor, y el agotamiento de la batería al envejecimiento del corazón.

Aparentemente, para un estudiante varón, la analogía del profesor reforzó su preconcepción de que la corriente positiva fluye a una bombilla, donde es cambiada a una corriente negativa. El niño explicó, “ Yo pienso que [la analogía] está bien porque la sangre también cambia ... cuando obtiene oxígeno se pone roja ... entonces es un tipo diferente ... corrientes diferentes.”

4. El “Resultado Mezclado” es un producto híbrido que resulta de un intento de reconciliar dos visiones aparentemente incompatibles. Los estudiantes de biología que aprenden que la sangre contiene células deben de reconciliar este conocimiento basado en la escuela con su conocimiento perceptual de que la sangre es un líquido rojo. Como resultado, ellos elaboran una variedad de híbridos idiosincrásicos en que las células de la sangre flotan en un líquido rojo. Cuando se les pide que identifique el líquido, es frecuentemente etiquetado “sangre” (Arnaudin y Mintzes, 1986). Este ejemplo es similar al problema de los estudiantes que “llenen” el espacio entre las partículas de gas con aire (Novick y Nussbaum, 1981).

5. “Resultado Científico Unificado” hipotético; el entendimiento del profesor y el del estudiante son modificados y ampliados, produciendo una “perspectiva científica coherente.” Aunque es epistemológicamente atractivo, para la evidencia de nuestro conocimiento de este tipo de resultados es pobre. Sin embargo, con los esfuerzos en camino por todo el mundo, al desarrollar estrategias de enseñanza constructivistas de la ciencia, los avances pidieran darse.

8. LAS PROPUESTAS DE ENSEÑANZA QUE FACILITAN EL CAMBIO CONCEPTUAL PUEDEN SER HERRAMIENTAS EFECTIVAS PARA LA CLASE

Como se mencionó en el apartado anterior, la propuesta para ayudar a los estudiantes en la transición hacia el entendimiento científicamente aceptable de los fenómenos naturales es a través de estrategias de intervención nuevas. En este sentido, se han desarrollado con este propósito técnicas de cambio

conceptual, las que incluyen un conjunto diverso y algo ecléctico de propuestas que sólo pueden vagamente ser referidas como un método. Éstas comparten una suposición epistemológica común, los estudiantes vienen a nuevas situaciones de aprendizaje con un fondo de conocimiento previo y el papel principal del profesor es aquél de negociador de significados o agente de cambio. Varias de las técnicas se derivan de diversas teorías de cambio conceptual, por ejemplo la de Posner *et al.*, 1982 está fundada en la filosofía contemporánea de las revoluciones científicas de Kuhn (1970), y una visión general constructivista de aprendizaje de Osborne y Wittrock (1985); otras emergen de una teoría de asimilación Ausubeliana (o neo-Ausubeliana) del aprendizaje (Ausubel *et al.*, 1978).

Entre las técnicas de cambio conceptual más usuales, están aquéllas que se enfocan en las funciones de exteriorizar y modificar la estructura de conocimiento del estudiante y otras que se dirigen a la necesidad de auto-monitoreo y de controlar los eventos de aprendizaje.

En conclusión las ideas espontáneas de los alumnos se caracterizan:

- En primer lugar, por ser casi siempre *científicamente incorrectas*, lo cual ha contribuido sin duda al gran desarrollo de la investigación en esta área (Pozo y Carretero, 1987).
- En segundo lugar, aunque estas ideas son *construcciones personales*, propias de cada sujeto, muchos trabajos han aportado diversas evidencias que han permitido identificar algunos esquemas comunes en alumnos de distintos países y sistemas educativos (Pozo y Carretero, 1987).
- Otro rasgo fundamental de las ideas previas es su *carácter inconexo* y a veces contradictorio: un mismo alumno puede explicar el mismo fenómeno desde varios puntos de vista inconsistentes entre sí (Pozo y Carretero, 1987).

- Un cuarto rasgo de estas ideas es su *carácter implícito*, mismo que dificulta su detección y por lo tanto también su erradicación, ya que el sujeto muchas veces no es consciente de que mantiene concepciones erróneas sobre los fenómenos científicos (Pozo y Carretero, 1987).
- La última característica importante de las ideas previas se refiere al sorprendente paralelismo entre algunas ideas previas de los alumnos y determinadas teorías históricas de otras épocas generalmente precientíficas (Pozo y Carretero, 1987).

LA BIOLOGÍA COMO CIENCIA

La biología es la ciencia que estudia la vida y por lo tanto los fenómenos y procesos que ocurren en los seres vivos. En este sentido, de acuerdo a Ledesma (2000) la vida es una propiedad de ciertos sistemas termodinámicos abiertos, en tanto que intercambian materia y energía con el medio (metabolismo), responden a los estímulos del entorno (irritabilidad) y poseen información que pueden transmitir entre sí y en el tiempo, al contar con la capacidad de autorreplicación (reproducción).

Éste mismo autor afirma que hay quienes piensan que la biología existe desde el momento que el ser humano se pone en contacto con la naturaleza, y tiene el interés por conocer a los distintos animales y plantas que lo rodean, darles nombre y encontrarles utilidad. En esta lógica, por ejemplo, se ha dicho que Aristóteles fue el primer gran biólogo de la antigüedad.

Al asumir este punto de vista, lo que no se valora, es que la actividad que desarrolló Aristóteles, de búsqueda, acumulación, ordenamiento de información y conocimiento, no poseía el estatuto de científicidad. De acuerdo con esta perspectiva las clasificaciones aristotélicas de la fauna no serían biología, sino historia natural.

Para afirmar lo anterior nos basamos en los criterios establecidos por Thomas S. Kuhn en 1972, él considera que una ciencia se consolida hasta el momento en cuenta con verdaderos paradigmas lo cuál, en biología, sucede hasta el siglo XIX, donde a partir de 1835 y hasta 1900 surgen los cuatro grandes sistemas de conceptos que permiten considerar a la biología como una ciencia, Ledesma (2000); se les denomina paradigmas globales y son: La teoría celular formulada por Schwann y Schleiden; El concepto de homeostasis creado por Claude Bernard; La teoría de la evolución formulada por Darwin, y la teoría de la herencia planteada inicialmente por Mendel.

A partir del establecimiento de estos paradigmas se asume que: La biología es la ciencia que estudia los caracteres comunes a todos los seres vivos, los principios generales que determinan su origen y que orientan su evolución, además analizan los procesos que permiten el mantenimiento de la vida. De esta manera la biología ésta constituida por una serie de disciplinas especiales que estudian aspectos particulares de la vida, algunos ejemplos son: La sistemática que se encarga de analizar las relaciones de parentesco entre los seres vivos para hacer propuestas taxonómicas idóneas, la morfofisiología que estudia las relaciones entre estructura y función, la ecología se encarga de analizar las causas de la distribución y abundancia de los seres vivos, la biología celular que estudia los procesos bioquímicos que tienen lugar en la células y por su puesto el evolucionismo que intenta integrar todos ese conocimiento biológico para darle unidad y coherencia.

CAMBIO BIOLÓGICO

“Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution” -“Nada tiene sentido en biología si no es a la luz de la evolución”- , apuntó Dobzhansky (1973) citado en Dobzhansky *et al* (1988). Esto representa que en el momento actual ningún estudioso del conocimiento biológico cuestiona el papel de la evolución como el cuerpo teórico más global y unificador en biología.

En el presente trabajo enfocaremos el tema respecto al cambio que ocurre en los seres vivos, como un aspecto de la enseñanza de la evolución, de lo cuál se tiene antecedentes desde antes de Jesucristo. Sin embargo, la referencia moderna parte de las ideas del naturalista francés Jean-Batiste Lamarck, quien en su libro "Filosofía zoológica" de 1809 propone la idea de que los organismos podían cambiar con el tiempo, él expuso estos puntos:

- Los organismos se ven obligados, por el ambiente, a usar unos órganos más que otros.
- Tanto por súper utilización como por desuso, esos órganos se desarrollan de forma diferente.
- Esos cambios en el desarrollo, adquiridos durante la vida del organismo, se transmiten a su descendencia.

Hay cambios y se van acumulando de generación a generación.

Para Lamarck los cambios biológicos eran guiados por una tendencia natural al progreso, eran ascendentes, desde formas muy simples que progresaban a formas más complejas siempre de manera lineal.

En 1859, Charles R. Darwin publica "El origen de las especies por medio de la selección natural". Al principio de sus investigaciones, Darwin se sustentó en Lamarck. Sin embargo con el tiempo cuestionó ese modelo porque advirtió que no siempre la evolución era ascendente. En su libro de notas, en algún momento, dibuja un árbol que se ramifica en forma irregular describiendo un proceso no lineal de cambio, como proponía el modelo de Lamarck. No obstante, para explicar el origen de la variabilidad continuo apoyándose en elementos propuestos por Lamarck, como la teoría del uso y desuso y la herencia de los caracteres adquiridos.

El árbol que dibuja Darwin explicaba la diversidad de la vida, pero no manifestaba el mecanismo de transformación, creador de diversidad. Para este propósito Darwin toma como base para sus ideas varias fuentes. Sin duda alguna su viaje como naturalista en el Beagle, fue una de las más influyentes en la formación de su teoría. También apeló a los conocimientos que tenían los criadores de animales domésticos. Además, las ideas de Thomas Malthus que expresaban la lucha por la existencia ante la escasez de recursos, son tomadas en cuentas por Darwin. Adicionalmente también formaron parte de sus meditaciones las representaciones del geólogo Lyell sobre el cambio gradual en la apariencia de la Tierra, notablemente Lyell también trató el cambio biológico en sus escritos.

Algunos puntos presentados por Darwin en su obra, "El origen de las especies por medio de la selección natural" son:

- La Tierra sigue cambiando, y entonces, la vida también debe cambiar para sobrevivir.
- Los organismos de una especie, son distintos, no idénticos, existen variaciones de uno a otro.
- Los recursos limitados, y el hecho de que nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, lleva a una lucha por la existencia.
- Los individuos que demuestran las capacidad más favorables para sobrevivir, son los que logran reproducirse y heredan las características que les permitieron sobrevivir en es ambiente.

Al unir todos estos puntos, Darwin propone una explicación al origen de la diversidad de la vida. Examina los distintos mecanismos de variabilidad que se le ocurren, aunque no tiene suficiente elementos, éstos aparecerán posteriormente con la genética. En cuanto a la selección, la denomina natural, en contraposición a la selección artificial que practica el hombre desde hace siglos, aplicándola a sus especies domésticas, ya sean animales o vegetales.

Quizás porque el contexto histórico era favorable, o por lo persuasivo de los argumentos de Darwin, basado en multitud de observaciones, su teoría tuvo más aceptación científica que la de Lamarck, aunque no sin polémica, la que aún hoy continúa.

A pesar de lo sorprendente que ha sido la obra de Darwin, no se han podido resolver todos los problemas planteados desde entonces. El propio Darwin, en varios pasajes de su obra, reconoce la insuficiencia de alguna posición, o la falta de comprobación de algunas ideas. La más evidente es la causa y funcionamiento de la aparición de la variabilidad.

Al tratar de explicar las leyes de la variación, Darwin desarrolló la teoría de la Pangénesis y la herencia combinada, además de incluir la teoría del uso y desuso y la herencia de los caracteres adquiridos de Lamarck. La Pangénesis propone que cada célula del cuerpo produce pequeñas copias llamadas gémulas, que viajan por el torrente sanguíneo hacia los órganos reproductores donde se reúnen para dar forma a los gametos. Apoya la herencia combinada y de cierta manera la herencia de los caracteres adquiridos.

No obstante, hoy sabemos que los mecanismo que incrementan la variabilidad genética son : la mutación, la recombinación, el flujo y la transferencia horizontal de genes.

La mutación como fuente primaria de variación genética

Los cambios en el material hereditario, fueron denominados mutaciones cuando De Vries, alrededor de 1900, observó que en de una población experimental surgían espontáneamente organismos diferentes a los demás. Se discutió entonces el hecho de que la mutación fuera la fuerza motriz de la evolución, ya que generalmente las mutaciones son dañinas o deletéreas. También se llegó a pensar que las mutaciones eran la causa de la evolución (corriente saltacionista o mutacionista) hasta que, con el nacimiento de la teoría sintética de la evolución, se

establece que las mutaciones junto con la recombinación y el flujo de genes son las fuentes de variación y que la selección natural solo era el tamiz por donde se tamizaban dichas variaciones Dobzhansky *et al* (1988).

A partir de la teoría sintética de la evolución, se define a la mutación como los cambios no programados en el material genético, ya sea en el número o secuencia de las bases del ADN o ARN, en el caso de algunos virus.

La mutación es importante ya que proporciona materia prima para la evolución, actualmente tenemos más de 2 millones de especies derivadas de una o unas cuantas, Morrone (1999). Sin la mutación y la recombinación esto no sería posible. El proceso evolutivo estriba en cambios cuantitativos de la variabilidad genética almacenada en el acervo de genes, por lo que es importante considerar el papel de las mutaciones como suministradoras de esta variabilidad.

Otros mecanismos que también pueden contribuir variación hereditaria son: a) **La recombinación** al crear nuevas combinaciones de alélos (o nuevos alélos) al unir secuencias con historias microevolutivas dentro de una población: b) **El flujo de genes** también puede proveer con variantes al acervo genético y c) **el flujo horizontal de genes**.

JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a Pozo (1997); Campanario y Otero (2000) las razones del por qué los alumnos no aprenden ciencia son complejas y variadas e inclusive son aún objeto de un apasionado debate. Por ello siempre resulta complicado abordarlas a la vez, como un todo. Como ya se mencionó en el capítulo 1, parte de la responsabilidad del fracaso se puede buscar en el contexto mundial, otra causa en el escenario escolar y en la propia sociedad; otro segmento está en los profesores. Por lo que respecta a los alumnos, las causas son asimismo múltiples y complicadas, éstas van desde: *lo que saben*, ideas previas; *lo que saben hacer*, estrategias de razonamiento; *lo que creen*, concepciones epistemológicas hasta *lo que creen saber*, metacognición. El efecto de la suma de estas causas ha sido denominado, acertadamente por Pozo (1997) como “conspiración cognitiva” contra el trabajo del profesor de ciencias.

En nuestro trabajo, ante la imposibilidad de abarcar el análisis de todas las causas mencionadas, nos concentraremos solo en la primera causa: *lo que saben*, esto es, sus ideas previas. Ya que de acuerdo a los autores anteriormente citados, hoy se sabe que los alumnos mantienen un conjunto diverso de ideas previas o preconcepciones sobre los contenidos científicos, que casi siempre son erróneas; además se reconoce unánimemente que éstas ideas previas son uno de los factores clave que deben tomarse en cuenta como condición necesaria, aunque no suficiente, para un aprendizaje significativo de las ciencias.

Por lo antes mencionado, en este trabajo se busca detectar, describir y analizar el conocimiento alterno, acerca del cambio biológico en estudiantes de bachillerato que cursan la asignatura de Biología I, en el Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH. Plantel Naucalpan, de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

Investigación cuantitativa, investigación cualitativa

Las discusiones acerca de la metodología más adecuada (cuantitativa o cualitativa) para investigar la realidad social ha sido motivo de acalorados debates, tradicionalmente ha existido una tendencia hacia la metodología cuantitativa como la más apropiada teniendo como base, sobre todo, el paradigma positivista y aduciendo a la importancia de eliminar los efectos del investigador en el fenómeno que estudia. En **la investigación cuantitativa** se recogen y analizan datos sobre variables, la utilización de estos datos es para determinar la fuerza de asociación o correlación entre diversas variables. Así, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra buscan hacer inferencia a una población, de la cual toda muestra procede. Tras el estudio de la asociación o correlación, la investigación cuantitativa pretende hacer inferencia causal que explique por qué las cosas suceden o no de una forma determinada.

Sin embargo, esta manera de enfocar el problema ha ido cambiando a lo largo del desarrollo de las ciencias sociales, y desde hace algunos años la metodología cualitativa ha ido ganando espacio, con el reconocimiento de la importancia que tiene para la ciencia que los acontecimientos, las acciones, las normas, los valores, etc sean vistos desde la perspectiva de los individuos que están siendo estudiados; lo que implica penetrar los contextos de significados con los cuales los individuos operan. En **la investigación cualitativa** se busca identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura dinámica. Los investigadores cualitativos hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas.

La metodología cualitativa, como indica su propia denominación, tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno, busca un concepto que

pueda abarcar una parte de la realidad, no se trata de probar o de medir en qué grado una cierta cualidad se encuentra en un cierto acontecimiento dado, sino de descubrir tantas cualidades como sea posible. En investigaciones cualitativas se debe hablar de entendimiento con profundidad en lugar de exactitud.

La diferencia esencial entre ambas metodologías es que la **cuantitativa** estudia la asociación o relación entre variables cuantificadas y la **cualitativa** lo hace en contextos estructurales y situacionales Calero (2000), de tal forma que al seleccionar una u otra metodología el investigador debe tener claro planteamientos tales como:

¿Se busca la magnitud o la naturaleza del fenómeno?

¿Se busca un promedio o una estructura dinámica?

¿Se pretende descubrir leyes o comprender fenómenos humanos?

LA METODOLOGÍA CUALITATIVA REPRESENTADA POR LA ETNOMETODOLOGÍA

En el contexto de la investigación cualitativa, la etnometodología enfatiza la idea de que la realidad social es algo construido, producido y vivido por sus miembros, es decir, la parte activa que juegan los integrantes de un grupo social en la estructuración y construcción de las modalidades de su vida diaria.

Esta metodología es especialmente desarrollada por Harold Garfinkel (1967) y está enfocada a las maneras en que la gente comparte, en el sentido comunicativo, los hechos, procesos y acontecimientos sociales. El término viene de *etno*, en la medida que estamos hablando de un saber propio de su sociedad de referencia y *metodología*, en la medida que estamos hablando de los procedimientos formales de conocimiento y argumentación manejados por el actor cotidiano.

La etnometodología se centra principalmente en cómo se desarrollan las realidades humanas; en los acontecimientos cotidianos y las influencias del conocimiento común en las ciencias humanas. Es por ello que su premisa principal es que en las ciencias sociales todo es interpretativo y que nada se explica por sí solo, que hay que buscarle un sentido a todos los elementos especialmente por ¿cómo actúan y se reproducen los modelos estables del accionar? intentando entender cómo la vida cotidiana es producida y organizada, y a partir de ello producir descripciones con el fin de especificar la esencia o el qué de las prácticas sociales dentro de dominios circunscritos o especializados del conocimiento y de la acción humana.

El medio técnico más apropiado en la etnometodología es la observación independiente o participativa, según el caso, con la grabación de audio y de vídeo para poder analizar las escenas varias veces y, quizá, para corroborar su interpretación. Es esencial que el investigador no intente corregir o remediar y se concrete sólo a analizar. Por tanto su material de análisis estará constituido por descripciones literales, que pueden ser escritas, y conversaciones.

Esta orientación metodológica no aborda las realidades humanas o sociales desde cero, sino que usa, con prudencia, los recursos que la sociedad le ofrece. Así, el trabajo de explicación estará influido por instrumentos interpretativos locales, como categorías reconocidas, vocabulario familiar, tareas organizativas, orientaciones profesionales, cultura grupal y otros marcos conceptuales que le asignan significado a los asuntos en consideración.

En este contexto, y en este trabajo los recursos interpretativos que utilizamos para analizar los resultados son mediante el establecimiento de categorías ontológicas. Para ello acudimos a la definición clásica de ontología *-en singular-*, que considera a ésta como una rama de la filosofía que se ocupa de la naturaleza y organización de la realidad humana.

Asimismo, dentro de las múltiples significaciones que encontramos en la literatura para establecer categorías ontológicas elegimos dos que se acercaban más a la naturaleza del trabajo: la de Borst (1997) quien propone, que una categoría ontológica se puede establecer mediante la especificación formal de una conceptualización compartida por un grupo humano y Gruber (1993), quien propone que una ontología es una especificación explícita de una conceptualización, en donde ésta es una abstracción simplificada del mundo que se quiere representar. Este autor aclara, que en este contexto conceptualización se acerca más al entendimiento filosófico de una ontología como sistema de categorías que dan cuenta de una visión del mundo.

Una categoría ontológica incluirá un vocabulario de términos y una especificación de su significado (definiciones e interrelaciones entre conceptos) que impone estructura al dominio y restringe las posibles interpretaciones

Con base a lo anterior, en este trabajo hemos considerado que el enfoque metodológico que más se acerca al cumplimiento de nuestros objetivos es de tipo etnometodológico, ya que lo que buscamos es comprender la naturaleza humana de las preconcepciones de alumnos de bachillerato en el tema de cambio biológico, mediante el análisis de descripciones literales que los alumnos expresan al respecto, asimismo consideramos que bajo la guía de esta premisa metodológica es como podemos acercarnos de la mejor manera a la descripción, comprensión y categorización de este fenómeno. Nada más lejos de nuestros objetivos que la búsqueda de magnitudes, leyes y generalizaciones de este evento.

Por tanto, en este trabajo utilizamos la etnometodología en el diseño, aplicación, presentación de los resultado, a partir de una pregunta problema. Asimismo, al interpretar los resultados buscamos congruencia en ellos al establecer grandes categorías ontológicas de esquemas comunes, desde lo manifestado por los alumnos.

Como punto de partida, hemos realizado una breve revisión de las diferentes perspectivas metodológicas, tanto cuantitativas como cualitativas, con las que se abordan las investigaciones en el campo del ACM (“Movimiento de Concepciones Alternativas, por sus siglas en Ingles), y su relación con los diversos términos utilizados para describir el fenómeno de las preconcepciones o conocimiento alterno. Ya que de acuerdo a Chaffee (1991) las diferencias en los términos utilizados por los miembros del ACM a menudo reflejan claramente posiciones epistemológicas, teóricas y metodológicas totalmente opuestas, por ello se presenta a continuación, la división del estudio de las preconcepciones en dos categorías:

Estudios Nomotéticos (investigación cuantitativa). En los estudios nomotéticos, el conocimiento es evaluado por su conformidad con (o desviación de) una base estándar de conocimientos (conocimiento científico aceptado). De hecho, la palabra nomotético significa literalmente “fundado en o derivado de una ley o costumbre.” (Driver y Easley, 1978). En esta perspectiva el entendimiento del estudiante será evaluado de acuerdo con la congruencia entre sus respuestas y el pensamiento científico actual. De acuerdo a esto, en esta categoría epistemológica entrarían términos tales como: *concepciones ingenuas, ideas erróneas, malentendidos, ideas preinstruccionales, dificultades persistentes, mal emparejamiento de clase, dificultades conceptuales, problemas de aprendizaje, preconcepciones, jerarquías de proporción limitadas o inapropiadas, creencias supersticiosas, dificultades del estudiante, concepciones precientíficas, teorías ingenuas, generalizaciones incorrectas, desórdenes conceptuales, comprensión diferencial de ciencia, esquemas contrapuestos, creencias sin fundamento, fuentes subyacentes de error, y conceptos falsos.* Es más probable que tales estudios sean experimentales, a menudo utilizando pruebas con papel y lápiz, cuestionarios, cuantificación y estadísticas inferenciales, buscando la magnitud o el promedio estadístico del fenómeno (Driver y Easley, 1978).

Estudios idiográficos (investigación cualitativa). En el otro grupo están los estudios idiográficos, desde esta perspectiva, el entendimiento del estudiante de los eventos y objetos naturales es probado, estudiado y analizado en sus propios términos, tanto como un antropólogo pudiera estudiar otra cultura. La palabra idiográfico significa literalmente “escrito por sí mismo” (Driver y Easley, 1978). Desde esta perspectiva, tales estudios comprenden la explicación de los casos individuales para (posiblemente) descubrir características comunes y por lo menos despertar conciencia de los aspectos posibles que los estudiantes puedan traer y de las dificultades que ellos puedan tener, y a partir de aquí permitir que se lleve a cabo una comunicación más efectiva. En esta categoría tenemos términos tales como: *modelos personales de realidad, ideas del estudiante, **concepciones alternativas**, maneras espontáneas de razonar, estructuras alternativas, versiones privadas múltiples de ciencia, concepciones en desarrollo, ciencia de los niños, teorías de sentido común, criterios de los niños, construcciones personales, entendimiento de los niños y creencias intuitivas, entre otras.* Es en esta categoría donde las concepciones cotidianas de física, química y biología pueden ser colocadas. En estos casos, es más probable que tales investigaciones abarquen menos estudiantes, pero se analicen más profundamente los datos propios del alumno y se empleen descripciones detalladas, en este tipo de estudios se busca explicar la naturaleza humana del fenómeno (Driver y Easley 1978).

Como se puede ver, la naturaleza de nuestro trabajo se encuadra dentro de los estudios idiográficos, ya que nuestro objetivo es describir, analizar y categorizar los conocimientos alternativos sobre el cambio biológico en estudiantes de bachillerato, desde la perspectiva de su propio discurso y sin intervención del investigador.

La distinción nomotético-ideográfico puede ser útil para entender el ACM, ya que algunos términos pueden acentuar los aspectos del entendimiento del estudiante tales como el de;

- ✓ Desarrollo (calificadores como: ingenuo, pre-, en desarrollo, entre otros)

- ✓ Cronológico (términos como: primeras nociones, entendimientos intermedios, concepciones de niños pequeños y otros).
- ✓ Contextual (calificadores como cotidiano, clase, amigos, escuela, mundo y otros).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA AL INTERPRETAR LOS RESULTADOS

Para comenzar, es necesario definir cómo se interpretaron los siguientes términos: concepto, teorías y creencias.

- a. *Concepto*: entidades que tratan sobre las cosas del mundo y que forman y contienen conjuntos de creencias causales (Neisser, 1987; Murphy y Medin, 1985).
- b. *Teorías*: conjuntos implícitos de creencias (Pozo, 1989; Murphy y Medin, 1985).
- c. *Creencias*: proposiciones constituyentes de los conceptos (Carey y Spelke, 1993).

En el campo de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, múltiples investigaciones han provisto un exhaustivo mapa de errores conceptuales. Éstos han sido investigados en prácticamente todas las áreas del currículo de ciencias. En el caso de la biología, las que más han llamado la atención de los investigadores en didáctica han sido los referentes a los procesos biológicos, específicamente en el evolutivo, las razones de este interés se relacionan con la experiencia que los profesores poseen de las dificultades en el aprendizaje de estos procesos más que en otros.

Cabe preguntarse cuál es el origen de la persistencia de las ideas intuitivas o creencias sobre algunos conceptos estudiados e investigados, tanto en la psicología de la instrucción como en la didáctica. Puede ser que algunos conceptos no cambien nunca, mientras que otros se modifiquen sin apenas

necesitar intervenciones deliberadas, o tal vez, la persistencia no sea más que un reflejo de un procedimiento de análisis poco profundo.

En este sentido, no es frecuente analizar las respuestas desde la perspectiva de los sistemas conceptuales y teóricos del alumno, ello contribuye a que se analicen las respuestas de los alumnos más que las explicaciones en su conjunto, respuestas en las que coexisten sin ser diferenciados conceptos y creencias. Pero además estas respuestas se evalúan de acuerdo a los modelos conceptuales de la ciencia (Driver, 1985-1989), ignorando los del propio alumno. Todas estas consideraciones sugieren la necesidad de estudiar algunas de estas ideas en el marco de las teorías del alumno. Para ello se parte de dos supuestos:

1. Se considera a los enunciados que constituyen una explicación, como la expresión de creencias.
2. Las explicaciones en su conjunto, como la expresión de teorías.

De esta manera las explicaciones de los alumnos formarán patrones de respuesta y estos patrones se agruparán para describir diferentes teorías. Cada teoría admitirá un determinado tipo de enunciados y respuestas, y excluirá otros.

Para lo anterior, se emplearon dos unidades de análisis diferentes: una sobre las unidades de significado contenidas tanto en cada uno de los enunciados como en las respuestas; y la otra, el significado de la explicación en su conjunto. De esta manera, para develar la naturaleza de las preconcepciones se empleó un análisis cualitativo que develó el significado de los conceptos que constituyen las creencias a través de las diferentes teorías.

Es necesario enfatizar que para este propósito no se toma la explicación científica como patrón de referencia para comparar los enunciados y respuestas, sino que se adopta la teoría implícita de la explicación como unidad de análisis.

Para lograr lo anterior, se elaboró una tarea única, que planteó la resolución de un problema, relativo al proceso evolutivo del cambio biológico, la resolución de este problema obligó a los estudiantes a producir una serie de explicaciones relacionadas de diversas formas a este proceso.

El supuesto que dirige esta búsqueda es que se puede diferenciar el significado conceptual dentro de diferentes teorías, si éstas informan de los rasgos característicos y definitorios atribuidos al concepto, éstos se identificaron a través de los enunciados y respuestas. De igual manera se dilucidaron los rasgos que vinculan cada uno de los conceptos a una categoría ontológica. Ya que su pertenencia a esa categoría permitió conocer el significado que posee un mismo término en las diferentes teorías.

Con base en todo lo anterior supusimos que cada explicación presentaría un conjunto de respuestas y enunciados que conformarían un patrón que permitiría categorizarlas como un tipo de teoría.

Se asumió que las teorías explicativas de los alumnos presentarían fuertes connotaciones positivistas causales, por lo tanto pertenecerían a la categoría ontológica *abstracciones o estados mentales* por lo que se contrapondrían a las explicaciones científicas propuestas para el cambio biológico, las cuáles pertenecen a la categoría *procesos*. Asimismo, en concordancia con Pozo y Carretero (1987) se conjeturó que las ideas previas de los alumnos mostrarían un *carácter inconexo* y contradictorio. Esto es, que el mismo alumno explicaría el mismo fenómeno desde varios puntos de vista inconsistentes entre sí.

POBLACIÓN Y CONTEXTO ESCOLAR

La selección de la población estudiada fue realizada por el autor del trabajo, los criterios de elección fueron establecidos de acuerdo a: la disponibilidad de la población a analizar, que los alumnos cursaran ambos turnos, matutino y

vespertino; que hayan tenido en promedio dos años sin instrucción en el tema a investigar, que cursaran el mismo grado escolar, que fueran de edades similares y de equivalentes condiciones sociales.

De esta manera, fueron seleccionados 100 estudiantes cuya edad fluctuaba entre 15 y 16 años. Todos ellos de la misma escuela pública y pertenecientes a una clase social media baja (CCH, 1997). Estos alumnos estaban repartidos en 6 grupos diferentes correspondientes al tercer semestre de bachillerato.

Los alumnos a los que se aplicaron la prueba cursaban el tercer semestre de la asignatura de biología I, en el turno matutino y vespertino del Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH, Plantel Naucalpan, perteneciente al subsistema de bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. En el periodo lectivo 2006-1.

La aplicación de la pregunta problema se realizó en el contexto del desarrollo cotidiano del curso de Biología I del plan de estudio vigente de esa institución. Donde el tema en investigación se ubica en la Tercera unidad, Tema III, Fuentes de Variación Genética, en el cual el contenido en cuestión va unido a los temas de recombinación genética y flujo génico. Asimismo, estos temas tienen como antecedente inmediato los contenidos de expresión genética y variación. Es importante aclarar que estos últimos temas no fueron desarrollados, en ese momento, con el propósito de que esos conocimientos no interfirieran en los resultados de la prueba.

DESCRIPCIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMATIZADORA

El principio de este trabajo esta basado en una investigación original llevada a cabo por Aleixandre (2002); su estrategia la fundamentó en una noticia que apareció en el diario *El País* en España, donde se menciona lo siguiente: Un 75% de escolares sufre ataques de piojos entre semana santa y otoño. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que el DDT y los otros insecticidas ya no les hacen efecto a los piojos. A partir de esta anécdota, la autora la toma como referencia para elaborar la siguiente pregunta:

¿Cómo explicas que los insecticidas, hace años les hicieran efecto a los piojos y ahora no?

Los trabajos originales de Aleixandre (2002) fueron adecuados acorde al contexto latinoamericano por Mengascini y Menegaz (2005), replanteando la anécdota y la pregunta inicial:

“Un laboratorio acaba de promocionar un nuevo insecticida que combate a los piojos con una fórmula diferente, en respuesta a las críticas del público consumidor respecto del descenso en la eficiencia de su producto anterior”.

¿Cómo explicas que los insecticidas cambien su efecto con el tiempo?

En este trabajo consideramos conveniente basarnos en el trabajo de Mengascini y Menegaz (2005), ya que asumimos que la historia y la redacción de la pregunta son más cercanas a la realidad de la población estudiada.

Una vez realizadas estas adecuaciones se pidió a los alumnos que leyeran con cuidado el enunciado y que resolvieran de manera individual la pregunta.

CONDICIONES DE RESOLUCIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMATIZADORA

En el diseño de la pregunta intervienen dos conceptos cuya complejidad es bien conocida a la luz de las investigaciones realizadas sobre ideas implícitas en la ciencia: cambio biológico y mutación. Se pide a los alumnos que expliciten sus ideas al respecto a partir de la pregunta generadora, la respuesta a esta interrogante sólo tiene carácter testimonial, ya que no se condiciona ni se dirigen las respuestas por un camino inductivo deliberado. De esta manera la respuesta se presenta tan libremente como los estudiantes sean capaces de hacerla. Asimismo, con el propósito de influir lo menos posible en los argumentos de la respuesta, se ha tenido cuidado en seleccionar a alumnos que han tenido en promedio dos años sin instrucción en este tema.

Aplicación de la prueba

Las hojas con la descripción de la anécdota y la pregunta problematizadora fueron entregadas a los estudiantes dentro de su horario cotidiano de clase, en sus respectivos laboratorios. Al aplicar la prueba se tuvo extremo cuidado en las instrucciones, no hubo ninguna coerción, ni límite alguno en el tiempo de resolución, se hizo énfasis en el carácter exploratorio de la prueba. Asimismo, se tuvo especial cuidado en no intervenir, en que la pregunta se resolviera de manera individual, y finalmente en no mencionar el propósito de la actividad.

Recolección de datos

Los alumnos participantes plasmaron su nombre y su edad en la hoja. Posteriormente, para facilitar la manipulación de los datos, éstos se colectaron en listas, los estudiantes que participaron fueron numerados del 1 al 100 para su identificación posterior, no hubo ningún propósito en el orden de asignación del número, éste fue fijado de acuerdo al orden en que se fueron capturando los datos.

Unidades de análisis

Se emplearon como unidades de análisis las respuestas obtenidas de los alumnos sobre el cambio biológico. Esto es, los enunciados incluidos en las razones y justificaciones que integran dichas respuestas. Los enunciados se diferencian y se separan dividiendo el texto escrito por cada estudiante, de acuerdo a un criterio semántico. Este criterio se propone ordenar todas las expresiones que se refieren (de modo directo o indirecto) al cambio biológico. El indicador que se emplea para diferenciar enunciados es el tipo de verbo. La mayoría de los enunciados categorizados bajo el registro que denominamos de razones causales, se seleccionan y codifican como respuestas a preguntas sobre el ¿por qué?, las cuáles forman parte de las justificaciones que formulan los alumnos.

Presentación de resultados

Se elaboraron gráficas de barras mediante el programa de Excel de Microsoft versión 2000, con el propósito de tener los resultados manejables y para agilizar su interpretación. En estas graficas se capturaron, por un lado el número de alumnos y por el otro lado la categoría ontológica a la que pertenecían, resultando de ello un gráfica con dos ejes, en donde en el eje horizontal correspondió a las categorías ontológicas, mientras que en el eje vertical se graficó el número de alumnos correspondientes a cada clase ontológica.

La interpretación de estas gráficas permitió diferenciar y agrupar los enunciados entre sí mediante categorías que expresaron la variedad de significados presentes en la explicación. De esta manera se identificaron y agruparon patrones de respuestas y enunciados que adoptaron las diferentes teorías explicitadas por los alumnos en sus respuestas. Asimismo, esta forma de presentar los resultados también permitió establecer algunas relaciones entre la estructura semántica de las teorías expresadas por los alumnos y la estructura psicológica del pensamiento de los mismos, esto a partir de una interpretación formal de sus textos (transcripciones escritas, como en este trabajo).

En nuestro caso, las ventajas del diseño de la pregunta es que permite al estudiante elaborar diversas explicaciones a un mismo fenómeno. De esta manera, en la elaboración de esas explicaciones se pretende vislumbrar o establecer coherencias o contradicciones argumentativas, no explicitadas en otras situaciones. Asimismo, también consideramos que estas argumentaciones se pueden agrupar en categorías ontológicas, de acuerdo a la hipótesis de Chi, Slotta y Leuw (1994). La elección de las preguntas en principio se apoya en la asunción, de que cuando menos soportes teóricos tengan los estudiantes para explicar el proceso en cuestión, más inferencias y enlaces deberán construir para explicarlo, de ahí la importancia de que se aplique la pregunta sin previa instrucción sobre el tema. Nos interesa constatar cómo cada estudiante genera una teoría propia acerca del cambio evolutivo y analizar sus ideas implícitas con relación a esa teoría y consecuentemente ubicarla en alguna categoría ontológica.

PROPÓSITO

Mediante el análisis de la resolución de la pregunta problematizadora se pretende examinar la coherencia entre las explicaciones de los estudiantes y el establecimiento de categorías ontológicas. En este sentido, en la literatura se ha insistido sobre la falta de consistencia de algunas ideas implícitas. De esta forma Engel y Driver (1986) y Rodrigo (1982) pusieron en relieve la inconsistencia de aquellas ideas empleando a grupos de tareas distintos, que dieran cuenta de estas versatilidades.

CAPITULO IV RESULTADOS

I. Establecimiento de las categorías ontológicas

Los resultados del cuestionario llevaron a una diferenciación fina de los componentes de la explicación, que resultó en tres el número de categorías. La intención de estudiar las explicaciones de los estudiantes obligó a ser muy prudentes a la hora de codificar. Se intentó ser muy fiel a las explicaciones y respuestas para evitar que las interpretaciones del experimentador se proyectarán en las codificaciones. Por ello se realizó un análisis tomando en cuenta que las respuestas eran abiertas, adaptándose a las explicaciones de los alumnos, a las indagaciones discursivas, repeticiones, rectificaciones, oscilaciones y sustituciones propias de cualquier búsqueda. Esta apertura en la expresión de los estudiantes exigía un sistema de codificación que pudiera adaptarse a esa riqueza y frescura del discurso. Se debía por lo tanto aprovechar los resultados evitando desperdiciar información o agruparla de manera arbitraria.

En el establecimiento de las categorías nos basamos en la propuesta de Chi, (1994) que establece la hipótesis de incompatibilidad ontológica. De acuerdo a este modelo, las entidades en el mundo pueden organizarse en muy pocas categorías ontológicas, ella propone tres: *materia, procesos y abstracciones o estados mentales*. Cada una de estas categorías contiene sus correspondientes subcategorías. Así, dos categorías son distintas ontológicamente, cuando un mismo atributo ontológico no puede ser aplicado a un miembro de cada una de ellas. Por ejemplo “una hora de duración” es un atributo de la categoría sucesos de modo que no puede ser aplicado a un miembro de la categoría cosas.

Las diferencias entre categorías ontológicas se entiende mejor observando la falta de sentido de ciertos predicados cuando se aplican rasgos de una categoría ontológica a entidades de otra categoría. Por ejemplo: “un canario es una hora de largo” no tiene sentido. Pero decir un “canario es azul” aunque siendo erróneo, es una frase con sentido.

De acuerdo a esta hipótesis tendríamos las siguientes categorías ontológicas:

1. La categoría *materia* (átomo, célula, seres humanos, sustancia química etc) tiene atributos ontológicos que poseen las entidades que pertenecen a esta categoría: son contenibles, tienen peso, volumen, son de colores. Es decir, son tangibles y por lo tanto cuantificables.
2. La categoría *procesos* tiene atributos ontológicos tales como: ocurren en el tiempo, resultan o proceden de...
3. La categoría *abstracciones o estados mentales* sus atributos ontológicos son de tipo emocional (miedo) o intencional (deseos). De esta manera tendríamos atribuciones tales como: “es verdadero”, “es cerca de....” etc.

En este sentido Chi, *et al* (1994) y Chi (1992) demuestran que muchas de las concepciones biológicas están basadas en rasgos propios de estados mentales más que en rasgos propios de procesos. De modo que frecuentemente se dan atribuciones a fenómenos biológicos en términos de sus estados intencionales. Por ejemplo para comprender el tema de la evolución es necesario considerar una interacción acausal: procesos como las mutaciones, la conducta reproductiva, la búsqueda del equilibrio génico, así lo exigen. Sin embargo, los estudiantes atribuyen a la evolución de los organismos procesos intencionales: un organismo percibe la adversidad del medio y se dice “mejor que me crezcan los colmillos para sobrevivir”, cuando de hecho todas las mutaciones son azarosas y absolutamente acausales. Este ejemplo contribuye a reconocer asignaciones ontológicas equivocadas desde la perspectiva de la ciencia. Desde este punto de vista, Chi (1994) sugiere que los conceptos más difíciles de adquirir serán aquellos cuya categoría ontológica sea incompatible con la percibida psicológicamente por el sujeto (estado emocional).

Con base en esta teoría, asumimos que las ideas previas se encuentran constituidas en una estructura jerárquica, en donde todas las nociones están interconectadas y constituyen verdaderas teorías. Así, en la parte superior del

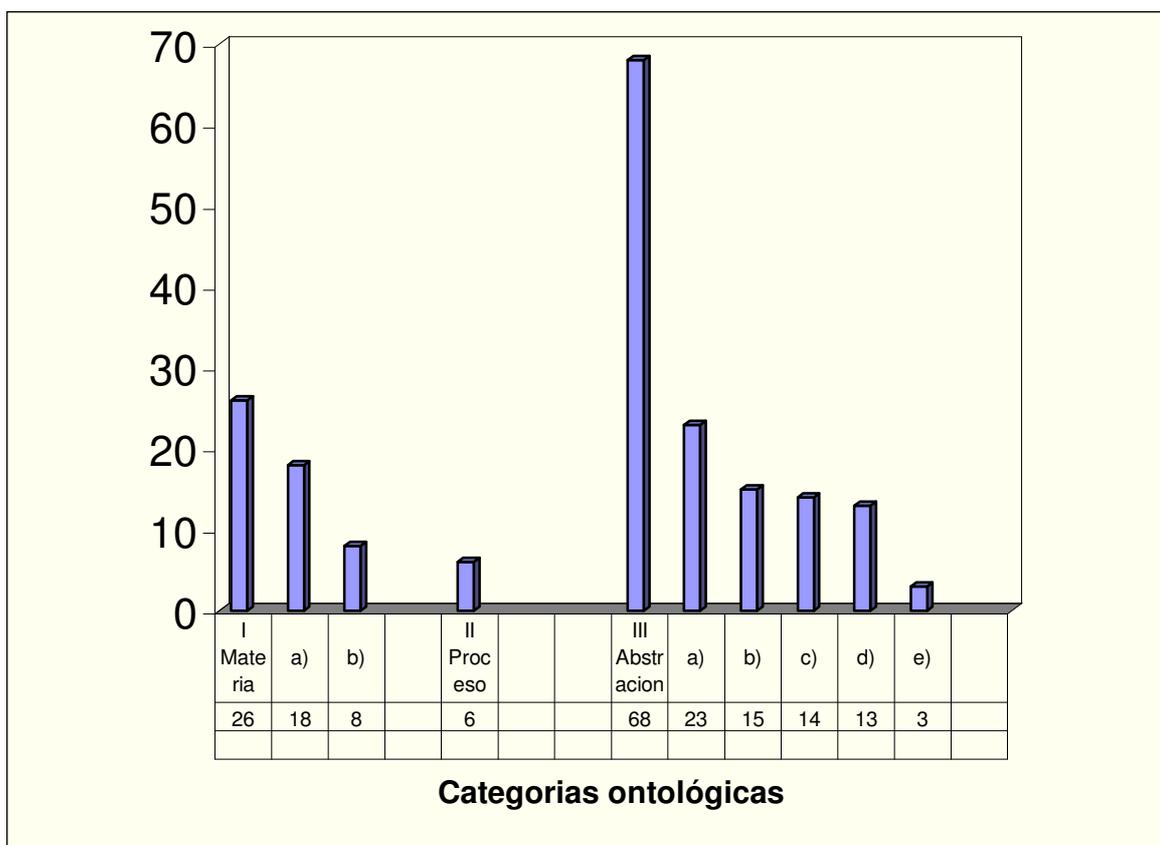
árbol se encuentran los conceptos de mayor capacidad explicativa (principios que pueden explicar una muy amplia gama de fenómenos: los seres vivos, la luz, el calor, la electricidad, etc). Su construcción tiene un fuerte soporte psicológico, que se deriva de su gran capacidad predictiva (Pozo, 1999; Claxon, 1984) y su persistencia se explica por haber sido construidas a partir de lo observable en etapas tempranas del desarrollo. Es decir, su función es producir explicaciones inmediatas y por lo tanto adaptativas.

En este contexto, consideramos que las propuestas de Chi (1994) son congruentes a las explicaciones adaptativas. Ya que abarcan tres grandes categorías de carácter ontológico, materia, procesos y abstracciones, mismas que se ubican en la parte superior de las jerarquías conceptuales generadas de manera adaptativa y espontánea por las personas.

Para el análisis de los resultados, en la interpretación de las respuestas ofrecidas por los estudiantes, se retoman dichas categorías, para lo cual se parte de dos supuestos: 1) se considera a los enunciados, que constituyen una explicación, como la expresión de creencias, y 2) las explicaciones en su conjunto como la expresión de teorías.

En el conjunto de enunciados expresados por los estudiantes, como se puede apreciar en la gráfica I, una vez agrupados en esas tres grandes categorías ontológicas, encontramos que del total de 100 alumnos encuestados se ha encontrado que el 68% corresponden a la categoría ontologica abstracción o estados mentales. En lo que respecta a la categoría materia (átomo, célula, seres humanos, sustancia química etc), en este trabajo encontramos que el 26% de los alumnos encuestados pertenece a esta clase. En cuanto a la categoría ontologica proceso, en esta se agrupan los principales conceptos científicos del cambio biológico, encontramos que el numero de alumnos que se acerco a esta clase es el, 6 %.

Grafica I. Categorías ontológicas



I Materia . 26

a) Insecticida 18

b) Sustancia organismo 8

II Proceso 6

Evolución 6

III Abstracciones 68

a) inmunidad adquirida 23

b) fuertes y resistentes 15

c) inmunidad y cambio 14

d) Adaptación 13

e) Acostumbrarse 3

A continuación describiremos los resultados encontrados dentro las categorías propuestas:

I CATEGORÍA ONTOLÓGICA MATERIA

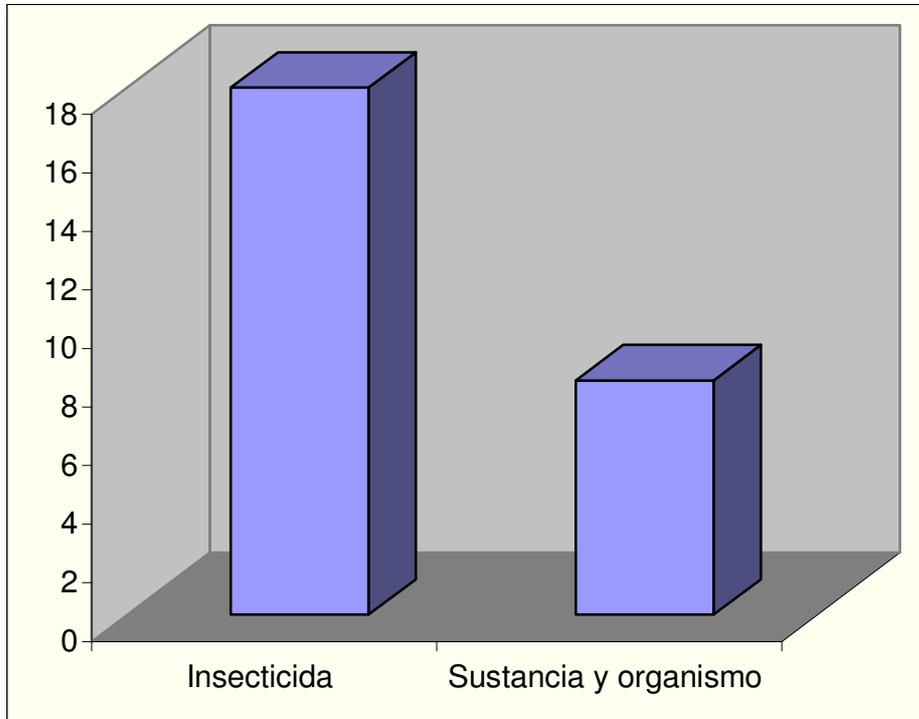
Dentro de la categoría ontológica materia (átomo, célula, seres humanos, sustancia química etc), se puede apreciar en la gráfica II, que el 26% de los alumnos encuestados pertenece a esta clase. Asimismo en ésta clase fue posible diferenciar dos subcategorías expresadas por los estudiantes, en la primera, inciso A) se le atribuía el efecto del cambio a las propiedades químicas de los insecticidas, a este grupo pertenecen 18 alumnos, en la segunda subcategoría (B) los estudiantes atribuyen el cambio a una combinación entre la sustancia química y las propiedades del organismo, por esta razón a este subgrupo lo denominamos subcategoría híbrida, a ésta pertenecen 8 alumnos.

A. cambio en las propiedades químicas de los insecticidas

En el caso particular que nos ocupa, la sobrevivencia de las piojos se atribuye a un cambio en las propiedades de la materia, es decir el insecticida cambia sus propiedades químicas (se diluyen, baja su calidad, etc.) lo cual tiene como consecuencia la falta de efectividad al interaccionar con el organismo.

Cabe señalar que aún cuando el evento ocurre en un momento preciso, para algunos estudiantes los cambios en las propiedades de la materia se dan de manera gradual, va perdiendo poco a poco su efectividad. Es el resultado de un proceso previo. Dentro de esta categoría tenemos los siguientes ejemplos.

Grafica II. Categoría ontológica materia



1.- Morales Enciso Jorge Adrián, 17 años: porque con el paso de los años se **va haciendo menos efectivo por las sustancias que le ponen** y después ya no sirven.

2.- Bernal Marín Oyuki, 16 años: a que tal vez **sus componentes se van agotando** o descomponiendo y poco a poco el insecticida pierde su efectividad pues ya no acaba tan rápido con los piojos.

3.- Cid González Lesly Anahi, 15 años: porque puede ser que la formula con la que hacen el **insecticida la vayan rebajando** cada vez más o porque cada vez otros tipos de piojos que resisten más a cualquier tipo de insecticida.

4.- Ayala González Lidia Nayeli, 15 años: porque tener muchos químicos se acaban con el paso del tiempo, son **sustancias que tienen caducidad**.

5.- Antonio Jacinto Isabel, 16 años: considero que esto pasa porque los creadores de estos los **van haciendo cada vez más chafas** para que solo ellos ganen, aunque la gente se quede como está. Pienso que no se debe al hecho de que los animales son ahora más resistentes sino a la elaboración de los insecticidas.

6.- Rojas Aguirre Francis Aidee, 16 años: **van perdiendo su efectividad** porque los productos químicos podría ser que perdieran su mecanismo de matar a los piojos, podría ser un tipo de caducidad.

7.- Rivera Ruiz Nancy Michel, 16 años: **cambian su efecto con el tiempo, porque su elemento reactivo se va degradando** y puede que en vez de matar a los piojos los haga más poderosos y se reproduzcan más.

8.- Vital Tiburcio Jessica, 16 años: poco a poco **la formula va perdiendo su efecto.**

9.- Cruz Cruz Iván Jesús, 16 años: los insecticidas dejan de tener efectividad porque **sus propiedades cambian** al paso del tiempo.

10.-- Muños Villegas Víctor Raúl, 16 años: porque **las sustancias** que tienen van **disminuyendo su efecto** conforme el tiempo pasa.

11.- De la Cruz De la Paz Karen Andrea, 16 años: porque se van degradando con el tiempo y pierden su efecto como al principio ya que **los compuestos se van degradando** y así hace menos efecto.

12.- Díaz Romero Carlos Giovanni, 17 años: pues **la formula ha cambiado y se ha mejorado** con el paso del tiempo, no es la misma formula de hace 10 años y la de ahora la ha mejorado, si pero es mejor más fuerte o algo así.

13.- Sánchez Ciriaco Erick Michel, 16 años: **se va degradando el elemento reactivo** por razones atmosféricas.

14.- Rivera García Benjamín, 16 años: **por los químicos que contienen** y tantos tratamientos se hacen más fuertes y más difíciles de matar.

15.- De Lucio López Oscar Teodoro, 16, años: **por los químicos y los descubrimientos en sus propiedades de sus componentes** y porque los piojos ya no resisten los insecticidas anteriores.

B.- híbrido: sustancia y organismo cambian

En esta categoría se agrupan las respuestas en las que se señala que los cambios se producen tanto en el insecticida como en los organismos, ambos son responsables de los efectos observados. Al igual que en la anterior categoría los cambios en los organismos son el resultado de procesos reactivos al medio ambiente, además son graduales e intencionales.

1.- Del Ángel Chávez Guadalupe, 15 años: puede haber dos cosas a lo mejor **por los químicos** utilizados y la otra porque los animales cada vez se van haciendo **más resistentes** a los productos de ese tipo.

2.- Hernández Salgado Jesús Emmanuel, 16 años: porque puede ser que los piojos ya se hayan **adaptado** al insecticida y ahora son más resistentes o que **el insecticida** no tenga la fórmula para matar piojos.

3.- Carrasco Gómez Karla, 16 años: una de las razones puede ser que los piojos se hacen **inmunes** al producto. O puede ser que con el tiempo **los químicos** se hagan menos potentes.

4.- Hernández Lozano Dolores Guadalupe, 16 años: a veces puede ser que con el tiempo los piojos puedan desarrollar **defensas** en contra de este insecticida o bien la formula puede ser un **poco diferente**.

5.- Zúñiga Valdez Yanet, 16 años: porque **descuidan la formula del producto** o también puede que **los piojos aprendan a vivir con el químico**, también puede que por el éxito del químico traten de vender.

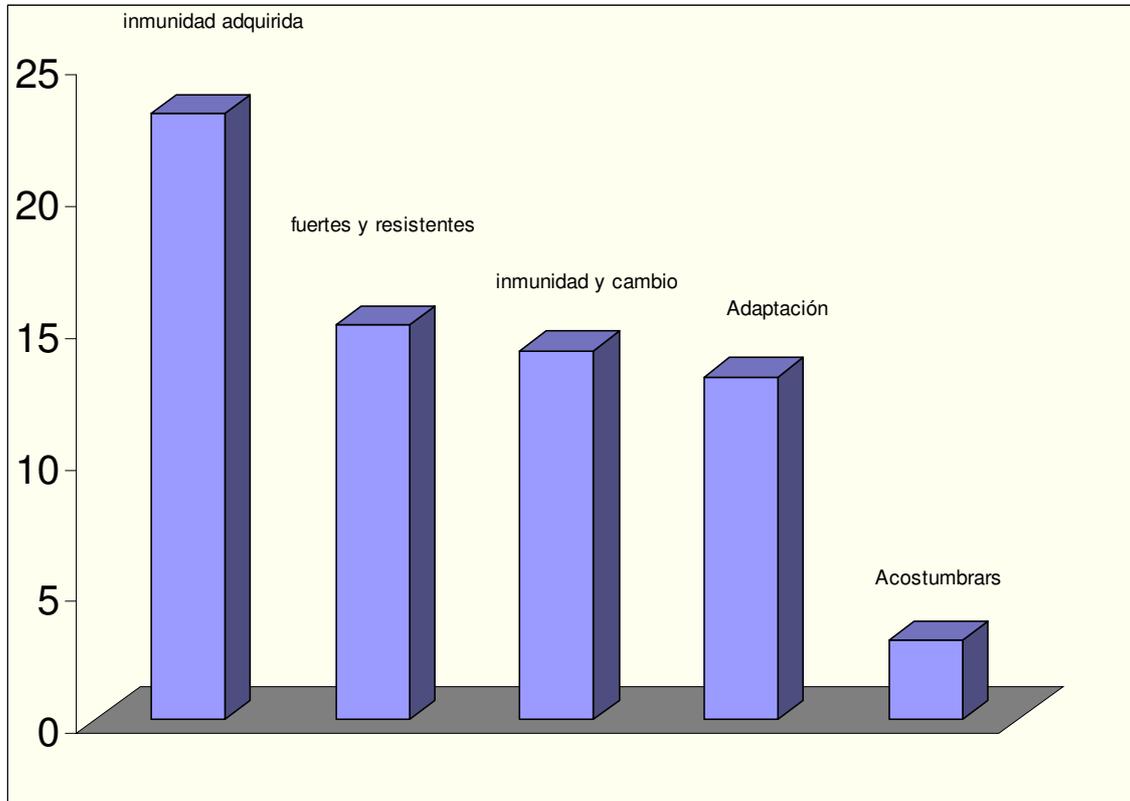
6.- Galván López Maria del Rosario, 16 años: puede ser que los **piojos se hicieran un poco más resistentes** contra el insecticida. O bien **el producto fue elaborado con menos eficiencia** en sus componentes.

7.- López Cabrera Rosa Maria de los Ángeles, 16 años: porque **la calidad del producto baja** muchas veces por ahorrar dinero, las sustancias que se usan no son tan buenas o puede ser que los **piojos aprendan una manera de defenderse** ante este insecticida.

II. CATEGORÍA ONTOLÓGICA ESTADOS MENTALES O ABSTRACCIONES

En esta categoría se agrupan las respuestas en las que se adjudican a los organismos vivos propiedades de caracteres abstractos, propios del comportamiento humano, tales como sentimientos, emociones, deseos e intenciones. Se puede apreciar en la gráfica III que ésta clase la subdividimos en cinco subcategorías, de acuerdo al tipo de abstracción expresada por los estudiantes. Así, de los 68 estudiantes caracterizados en esta categoría ontológica al inciso (A) inmunidad como carácter adquirido le correspondieron 23, al apartado (B) subcategoría fuertes y resistentes fueron 15, en el inciso (C) subcategoría inmunidad y cambio correspondieron 14, en la siguiente subcategoría adaptación, (D), fueron 13, finalmente en la última subcategoría acostumbrarse, (E), fue en la que menos estudiantes le correspondió con un total de 3.

Grafica III. Categoría ontológica abstracciones o estados mentales



A) inmunidad como carácter adquirido

En esta categoría se agrupan las preposiciones que explican la falta de eficacia de los insecticidas como el resultado de fortalecimiento del organismo, derivado de su interacción con los insecticidas. Cabe señalar que en este grupo de respuestas existe una confusión entre un cambio genético y una propiedad que adquiere el organismo durante su vida, la inmunidad no es heredable. En el mensaje de las preposiciones se percibe una clara intención del organismo para responder a una causa.

1.- Maya Medina Claudia, 16 años: porque los insectos con el tiempo llegan a **desarrollar más sus defensas.**

2.- Rodríguez Kingston Irving Eduardo, 16 años: porque los piojos **se vuelven inmunes** porque se acostumbran.

3.- Vázquez Barrera José Luis, 15 años: los insecticidas van cambiando o van mejorando su formula ya que los piojos con el paso del tiempo y con el uso de ese insecticida **se van fortaleciendo** y se van haciendo cada vez **más inmunes** a esa misma formula de ese insecticida.

4.- Vital Mondragón Guillermo Fernando, 16 años: porque pierden algunas moléculas que tienen para matarlos, y porque los piojos se **vuelven inmunes**.

5.- Hernández Castro, 16 años: porque los insectos **desarrollan inmunidad** al insecticida y se tiene que crear otro con mayor intensidad o cambiar la formula.

6.- García Camacho Laura, 26 años: **crea su organismo anticuerpos de defensa** para la formula del insecticida provocando que reduzca su eficacia, por lo que es necesario encontrar otros químicos diferentes o más fuertes.

7.- Gómez Gonzáles Edgar, 16 años: esto sucede cuando los insecticidas no tienen el mismo impacto en los insectos porque estos **incrementan sus defensas** contra las sustancias del insecticida y por ello tienen que cambiar la formula para controlar a los insectos.

8.- Pérez Vargas Raquel, 17 años: porque quizás los piojos se van **adaptando** cada vez a nuestro ambiente y a los contenidos del insecticida y se vuelven **como inmunes** a ese líquido.

9.- Mancera Molina Meldrick, 16 años: pienso que tal vez el insecticida no sea el que cambie su efecto sino que por ejemplo en este caso los piojos se acostumbran a los químicos y cuando el insecticida alcanza a los huevos y no los mata estos **nacen inmunes** al insecticida y cada vez se hacen **más fuertes** y es por eso que tienen que inventar nuevas formulas.

10.- Nova Pérez Arely Idaly, 15 años: puede ser que los piojos tengan la capacidad de **adaptarse** a vivir con los tóxicos del insecticida y volver a su organismo **inmune** al insecticida.

11.- Olvera Lugo Paulina, 16 años: bueno tengo entendido que los insecticidas matan a los bichos en un principio porque estos no están acostumbrados a él, y ya después no los matan porque **los bichos se van acostumbrando** a éste y **crean defensas**.

12.- Cruz Tepepa Evelyn, 16 años: pues porque cada uno de los químicos que tienen siempre se degrada y además cada vez más los insectos se van acostumbrando a lo de su alrededor **y sus anticuerpos aguantan** cada vez más y se necesita hacer un insecticida más fuerte.

13.- Míreles González Anayelly, 16 años: cuando se les aplicó este insecticida los piojos no **tenían defensas** al respecto, por eso los mató o eliminó y después de un tiempo estos organismos se adaptaron **y desarrollaron una inmunidad** a esta sustancia, cuando se adaptaron a ella, y por eso se tuvo que desarrollar una más potente.

14.- Martínez Dimas Angélica, 16 años: podría ser que el insecticida no haya cambiado su potencia, sino que los piojos con el tiempo se fueron haciendo "más fuertes" e **inmunes** al insecticida.

15.- De Jesús Bautista Luis Rodrigo, 16 años: es que los piojos con el paso del tiempo se fueron haciendo **inmunes** a los insecticidas.

16.- Maciel Morales Glen Antonio, 16 años: porque con el tiempo **el sistema inmunológico de la** plaga se fortalece hasta que la plaga llega a **ser inmune**.

17.- Gerónimo Hernández Thania Karen, 16 años: pues **por el ambiente** que nos rodea, el insecticida es un contaminante del aire, probablemente antes los piojos eran más vulnerables por no tener tantas **defensas otorgadas por la contaminación**.

18.- Calleja Paulino Lourdes, 16 años: puesto que al insectos cada vez que le aplicaban el insecticida generaba una especie de **inmunidad basada en las defensas de las células**, que al paso del tiempo las célula identificaban al veneno y contrarrestaban su acción, permitiendo al insecto ser cada vez más inmune, necesitando insecticidas cada vez más fuertes.

19.- Álvarez Rojas Alma Lorena, 16 años: que los piojos con el tiempo y los efectos que hay en la naturaleza, se hacen cada vez más fuertes, o que los elementos que contienen el insecticida van perdiendo fuerza y es por ello que **los piojos son inmunes a él**.

20.- Gonzáles Vergara Jorge, 16 años: al principio el insecticida resulta efectivo, después de cierto tiempo los insectos van siendo más resistentes contra estos, **creando anticuerpos**.

21.- Castilla Sánchez Avigail, 16 años: una posibilidad podría ser que ahora los piojos ya son más fuertes y el insecticida ya no le hace nada, otra, los piojos ya **se hicieron inmunes** al insecticida y ya no causa ningún efecto como al principio.

22.- Romero Gaeta Dumar, 16 años: que los insectos **desarrollaron inmunidad** a los insecticidas y las siguientes generaciones **nacen con esa inmunidad**.

23.- Alarcón Gonzáles Rodolfo Alejandro, 16 años: porque los insectos al ir muriendo, cuando dejan sus huevecillos van adquiriendo con el paso del tiempo **cierta inmunidad**, es decir se hacen resistentes a la formula del insecticida.

B) inmunidad como mecanismo de cambio biológico

Los enunciados que se agrupan en esta subcategoría tienden a conceptualizar a la inmunidad como un mecanismo que incide en el cambio genético, y por tanto afecta a la descendencia de los individuos, de acuerdo a lo expresado por estos estudiantes los piojos se vuelven inmunes por mutación, o porque sus genes cambian. Se mantiene la idea de que esto es un proceso reactivo derivado de la interacción con el medio ambiente, por lo que las proposiciones implican una causalidad y una intencionalidad.

1.- Barrón Olalde Fernando, 16 años: el efecto cambió porque los piojos **se van haciendo resistentes** al veneno que contiene el insecticida, **es decir van mutando generación tras generación** hasta hacerse **inmunes** a esos químicos.

2.- Maria Isabel Reyes Medina, 16 años: porque los genes de los piojos, **empiezan a mutar y se empiezan a hacer resistentes al veneno** por lo tanto el efecto empieza a ser menor hasta que **se hace inmune**.

3.- Torres Vázquez Jannet Viridiana, 15 años: tal vez porque también los piojos se van adaptando o puede ser que **evolucianan y se hacen más fuertes** hacia el efecto del insecticida entonces empiezan a ser **inmunes** y tienen que mejorar el producto.

4.- Becerra Flores Ana Patricia, 15 años: que creo que los insecticidas van cambiando porque tal vez esos animales se adaptan a ese gas y los **hace inmunes** a los insecticidas, además yo creo que son como **los anticuerpos**, que cuando ya saben la **información genética** de algunos virus en el futuro ya logren combatirlos y destruirlos y se refuercen para ser **inmunes** a ese virus.

5.- Rodríguez Lomelí Pablo Emilio, 17 años: porque los piojos se fueron haciendo resistentes al insecticida y a través del tiempo los piojos fueron creando un **mecanismo de defensa hacia el primer insecticida** y cada vez más tienen que **evolucionar** el insecticida para que también los piojos **evolucionen**

6.- Arciniega González Erick, 16 años: con el paso del tiempo los piojos adquirieron **inmunidad** ante el producto, es decir **evolucionaron**.

7.- Sánchez Pomposo Juan Diego, 16 años: con el paso del tiempo los piojos morirán (extinguirán) a causa de los insecticidas, sin embargo, **puede también que muten y se hagan inmunes al efecto que este les provoca**.

8.- López León Jonhatan, 16 años: que con el paso del tiempo los animales **van evolucionando** y después del largo periodo logran **desarrollar defensas** contra todo lo que los afecta como por ejemplo los insecticidas.

9.- Hernández García Mitzy, 16 años: con el cambio de generación los organismos se van haciendo **más resistentes e inmunes**, esto es que **se modifican genéticamente**.

10.- Flores Corona Luis Ernesto, 16 años: tal vez porque los piojos **evolucionaron con un tipo de defensa** para que la sustancia que contenía el producto no les hiciera nada.

11.- Moreno Guzmán Laura Selene, 16 años: porque **la genética de los piojos** o ellos mismos **se hicieron resistentes** a la formula del insecticida.

12.- Ochoa Kato Kioshy Yasuo, 16 años: los insecticidas van perdiendo su efecto porque los piojos **van evolucionando y haciéndose más fuertes y resistentes a ese insecticida**, otro ejemplo son las cucarachas que han resistido muchos millones de años y siguen siendo una plaga y amenaza para la salud.

13.- Garay García Lorena Yadira, 16 años: porque con el tiempo **el insecticida va fortaleciendo a los piojos**, ya que **estos evolucionan** y el efecto de este va disminuyendo, además que a los que **ya no les afecta el insecticida** al reproducirse sus generaciones ya no les afectara este.

14.- Burgos Calvario Cinthia, 16 años: a que los insectos, en este caso los piojos, ya no tienen ninguna reacciona al aplicarles el insecticida, pues con **el paso del tiempo**, se han adaptado a ciertas condiciones, y en algunos casos **modifican sus genes** de modo que los insecticidas ya no les causan daño, se hacen más fuertes que el insecticida y sobreviven.

C) adaptación

Entendida como cambio en la estructura biológica del organismo como resultado de su interacción con el estímulo ambiental, es decir se trata de un proceso de carácter reactivo, que incluso para algunos de los estudiantes, se da de manera gradual y acumulativa a través de las generaciones. Es causal e intencional.

1.- Flores Rodríguez Luis Javier, 16 años: ya que con el paso del tiempo los piojos, en este caso, **van adaptando** su fisonomía para resistir al nuevo insecticida.

2.- Villegas Ángeles Jonathan Michel, 16 años: porque se han **adaptado** a los insecticidas.

3.- Ramírez Rodríguez Guadalupe Marlene, 16 años: yo creo que los piojos con el tiempo se hacen **más fuertes, se adaptan** y ya es más difícil que los insecticidas acaben con ellos por esa razón.

4.- Arriaga García Alejandra. M. 16 años: porque estos se reproducen muy fácil y rápidamente, por los huevecillos que van dejando. Además quizás por su **adaptación** que van teniendo.

5.- Alonso Martínez Lehilani Anhelly, 16 años: que los piojos se adaptan con el tiempo y se vuelven más resistentes a ésta. Tal vez en el futuro la descendencia de los piojos que convivieran con el insecticida ya **nacerían adaptados** a éste.

6.- Robledo Ruiz Yakim David, 16 años: porque los piojos se **adaptaron** a los insecticidas y ya no les hace efecto.

7.- Álvarez Solís Miguel, 16 años: porque los piojos se han **ido adaptando** a la fórmula del insecticida, se adaptan al medio.

8.- Villalba Alvarado Paulina Yael, 16 años: pues al cabo de varias generaciones en el piojo se intensifica el **poder de adaptación** por ello no se garantiza que todas las generaciones mueran después del insecticida.

9.- Villegas Patiño Mayra Gpe, 16 años: porque los piojos se **adaptan** a las sustancias del insecticida.

10.- Cruz Cortes Citlali Celeste, 16 años: que algunas sustancias desarrollan el efecto con el tiempo y en ese caso requirieron de sustancias más fuertes para que el efecto sea duradero, también creo que los animalitos **se adaptan con el tiempo a esas sustancias porque se acostumbra el metabolismo** de ellos.

11.- Delgado González David Ulises, 16 años: si todo el mundo usa este shampoo contra los piojos llegará un momento en que los piojos se **adaptaran** y serán **más resistentes** a este producto.

12.- Santos Méndez Daniel, 15 años: porque los piojos se van **acostumbrando** a él y con el tiempo se van haciendo **más fuertes** es lo que conocemos como "**adaptación**".

13.- Vázquez Caballero Maria Guadalupe, 16 años: supongo que el hecho de que el insecticida no sirva, mas que nada se debió a que el organismo de los insectos se **fue adaptando** al químico del insecticida, **cambiando algunas de sus estructuras, las cuales se fueron transmitiendo a sus hijitos insectitos.**

D) acostumbrarse

En esta subcategoría las expresiones frecuentes giran en torno al termino acostumbrarse, ésta vocablo implica una fuerte abstracción humana, un deseo e intención de los piojos a sobrevivir mediante este recurso. Evidentemente que este termino es absolutamente incongruente con los procesos de cambio biológico.

1.- Morales Valdez Jessica, 17 años: los piojos ya no mueren porque es como si se **acostumbraran** al insecticida y morirían solo si se mejorara la formula.

2.- Rivas Vargas Alejandro, 16 años: porque al principio los piojos eran frágiles a los insecticidas, pero se puede decir que entre más lo utilizaban **iban acostumbrándose** a él y hasta que ya casi no los lastimaba.

3.- Villegas Perea Alexandra, 16 años: puede ser porque los animales **se acostumbran** al insecticida, éste ya no les produce el mismo efecto.

E) fuertes y resistentes

La interacción con el insecticida provoca que los piojos respondan haciéndose más fuertes y más resistentes para sobrevivir, de acuerdo a lo que mencionan los alumnos. Esta subcategoría ontológica y la anterior, acostumbrarse, reflejan sin duda las expresiones más fuertemente antropocéntricas, causal – intencional, y por lo tanto las más alejadas de las explicaciones científicas sobre el proceso de cambio biológico.

1.- Vázquez Montiel Tania Jessabel, 16 años: pues los piojos con el tiempo se vuelven más **fuertes y resistentes** a los efectos de los insecticidas, por eso parece que los insecticidas son menos eficientes pero en realidad su eficiencia es la misma la diferencia está en los piojos.

2.- Lira Navarrete Karen Guadalupe, 15 años: que tal vez el insecticida no cambio su efecto, tal vez los piojos se hacen **resistentes** y hay que fabricar otro más fuerte.

3.- Choreño Luna Rafael, 16 años: porque los piojos al tiempo **adquirieron resistencia** a ese insecticida y por ese motivo no se siguen muriendo, y para poder terminarlos tienen que hacer otro insecticida más fuerte.

4.- Ortega Jurado Gonzalo, 15 años: porque los piojos se acostumbran al insecticida y este no es tan fuerte entonces **se vuelven resistentes**.

5.- De León Mayen Sheila Mariana, 16 años: puede ser que los piojos con el tiempo se fortalecen (**se vuelven más fuertes**) y el insecticida no los mate y entonces sería que el insecticida pierda fortaleza en matar a los insectos.

6.- Brito Díaz Amanda Elisa, 15 años: porque con el tiempo **los piojos adquieren resistencia al veneno**, por lo tanto, se deben crear día con día formulas para el piojo no se adapte al ambiente.

7.- Gallegos Guerra Luz, 16 años: los piojos se **hacen más fuertes** y el insecticida ya no les causa algún efecto.

8.- Valdez González Ana Laura, 16 años: porque cada vez los insectos se hacen **más fuertes y resistentes** es por eso que no les pasa nada al aplicarle insecticida.

9.- Vargas Hernández Eduardo, 16 años: cambian su efecto porque los insectos se van adaptando a las reacciones de los insecticidas y debido a esto **cambian su modo de defensa**.

10.- Rodríguez Medina Raúl Narayanam, 16 años: porque los piojos **se volvieron más fuertes**, es decir, el insecticida ya no los mata porque lograron **desarrollar algo en su organismo**.

11.- Cerón Milán Erik, 16 años: porque tal vez con el tiempo los piojos llegan a soportar el insecticida ya que creo que después de que el insecticida va matando una o dos generaciones la siguiente generación tal vez ya **desarrolla un caparazón o** algo así más potente.

12.- Díaz Malagon Karen, 16 años: porque los piojos **van adquiriendo mayor capacidad** para resistir los reactivos de los insecticidas.

13.- Maya Ortiz Viridiana, 16 años: yo pienso que **con el paso del tiempo se hicieron muy fuertes** y ya no les hacia nada.

14.- Rojo García Yuridia Jazmín, 16 años: en lo personal considero que es porque los cambios climáticos y los factores que provocan la infección han ido cambiando y **quizás se hayan hecho más fuertes**, por eso la formula antigua ya no funcionaba

15.- Hernández Salgado Jesús Emmanuel, 16 años: porque los piojos **resisten más** a los insecticidas con el tiempo.

III CATEGORÍA ONTOLÓGICA PROCESO

En esta categoría se agrupan enunciados que presentan atributos tales como: ocurren en el tiempo, resultan o proceden de...

Es importante mencionar que en esta categoría ontológica se concentran los principales conceptos de la evolución biológica, cómo se puede apreciar en la gráfica I el número de alumnos que se acercó a esta categoría es muy bajo, seis, lo cual sin embargo no sorprende ya que como mencionan Chi, *et al* (1994), Chi (1992) muchas de las concepciones biológicas están basadas en rasgos propios de estados mentales más que en rasgos propios de procesos. Por ello frecuentemente se dan atribuciones a fenómenos biológicos en términos de estados intencionales.

Evolución y cambio genético

Elegimos en esta subcategoría ontologica aquellos enunciados que aluden a un proceso al contextualizar el hecho en el tiempo y una consecuencia de este.

1.- Robles Zavala Lourdes, 16 años: porque tal vez **con el tiempo sobrevivirán los individuos más fuertes** y por lo tanto sea más difícil matarlas.

2.- Roldan Mariano Carlos, 16 años: yo creo que sí cambian **con el tiempo** ya que los piojos **van evolucionando** con el tiempo es por eso que se hacen más resistentes.

3.- López Suárez Ana Karen, 16 años: porque con el tiempo los insectos se van haciendo resistentes a esos químicos, como **que van evolucionando o se adaptaron, al cabo de varias generaciones se hacen más fuertes** por eso es que el insecticida pierde efectividad.

4.- Rea Hernández J. Alberto, 16 años: **el insecto que sobrevive al insecticida a la siguiente generación se hace más fuerte** y el insecticida con el tiempo se hace inservible o por otra parte va descendiendo el efecto de la sustancia que utilizan.

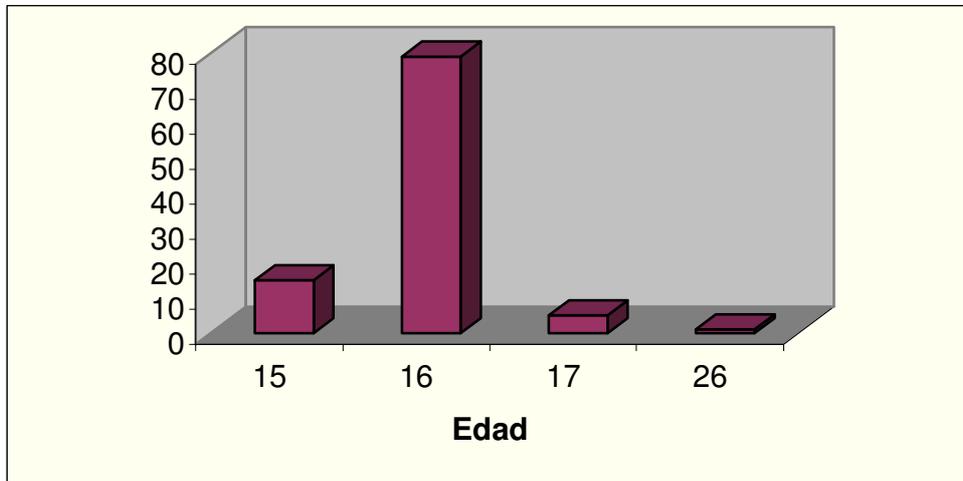
5.- Rutilio Navarrete Octavio Adrián, 16 años: los insecticidas pierden su efecto **porque los piojos que sobreviven a este proceso van evolucionando** haciéndose más resistentes al insecticida.

6.- López Pérez Ana Lucia, 16 años: porque **con el paso del tiempo** cuando se aplica insecticida a los piojos, **los piojos que pudieran sobrevivir** y que aguantaran, **su descendencia saldría cada vez más poderosa** y sería más difícil combatirlas, y por eso no es que los insecticidas cambien su efecto, sino que al paso del tiempo **los piojos van evolucionando poco a poco**.

II. Establecimiento de las edades de los alumnos.

Determinar la edad de los alumnos entrevistados fue fundamental en este trabajo, ya que una parte esencial de la categorización de sus respuestas era estipular la relación de las edades cronológicas con su grado de maduración psicológica. Encontramos que la edad de los alumnos es de 16 años en más del 80% de los alumnos.

Gráfica IV. Edades de los alumnos encuestados



CAPITULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado, en un primer momento se recuperarán los planteamientos teóricos de Chi, *et al* (1994) para hacer la interpretación de resultados y en un segundo momento haremos una ampliación de marco teórico para estos mismos resultados, desde la perspectiva de Jean Piaget (1978) en lo que respecta a las ideas de los niños con respecto a la realidad. De este autor recuperaremos las nociones de animismo, artificialismo y realismo.

Del total de 100 alumnos encuestados se ha encontrado que el 68% corresponden a la categoría ontológica abstracción o estados mentales (gráfica III). Estos resultados muestran congruencia con los hallazgos encontrados por Chi, *et al* (1994), Chi (1992) quienes demostraron que muchas de las concepciones biológicas están basadas en rasgos propios de estados mentales más que en rasgos identificados a los procesos biológicos. De esta manera frecuentemente se dan atribuciones a fenómenos biológicos en términos de intención como si se tratara de personas que ejercen consciente y voluntariamente la acción. Como ejemplo de ello, en esta sección se acuñan frases tales como: “**se volvieron más fuertes**” “**se acostumbran**”, “**se van fortaleciendo**”, entre otras. En este sentido Piaget, (1978) en su obra “la representación del mundo en el niño”, recurre al concepto de animismo infantil para describir la tendencia de los niños a considerar los cuerpos, tanto vivos como inertes, como seres intencionados.

Como se puede percibir en estas expresiones se denota claramente una causa, una intención y una voluntad expresada por los alumnos hacia los insectos como seres intencionados y con voluntad propia.

De acuerdo a Piaget (1978) individuos con estas características no distinguen entre el mundo psíquico y el físico, por lo que se puede esperar que consideren como vivos y conscientes a un gran número de cuerpos que para nosotros son inertes.

Este fenómeno se puede describir, en las siguientes etapas:

- Todo es consciente, todo objeto puede ser asiento de conciencia no importando su naturaleza.
- Son conscientes todos los móviles. La conciencia está reservada a los móviles, así serán considerados conscientes los astros, las nubes, los ríos, el viento, los vehículos, el fuego, etc.
- Son conscientes los cuerpos dotados de movimiento propio; es un animismo más reflexivo y más motivado ¿sentirá una mesa si la pincho? No porque no es persona.
- La conciencia es reservada a los animales, considerando como tales a los que poseen vértebras, esta etapa aparece a los 11 o 12 años.

Desde esta perspectiva proponemos que una gran cantidad de los estudiantes encuestados pertenecen a la última categoría Piagetiana, ya que si bien estructuran coherentemente su discurso, se puede advertir en sus expresiones una fuerte tendencia animista. Adicional a esto vale la pena recalcar que del total de los alumnos encuestados, el 79.%, tenían 16 años en el momento en que se realizó la encuesta (gráfica IV), por lo que no se descarta que la etapa de maduración psicológica corresponda aún a la cuarta etapa propuesta por Piaget o que muchos de estos alumnos se encuentre en etapa de transición. Algunas frases que pudieran ejemplificar esto son las siguientes: **“los piojos se vuelven inmunes porque se acostumbran”**: “el efecto cambió porque los piojos **se van haciendo resistentes** al veneno que contiene el insecticida”, **“los piojos van mutando generación tras generación hasta hacerse inmunes a esos químicos”**.

En el caso de esta última respuesta, se aleja totalmente de los preceptos científicos, ya que para el alumno hay una intención del organismo que va mucho más allá de su propia existencia, que **va “a mutar generación tras generación”** hasta alcanzar su objetivo. Para este estudiante las mutaciones son graduales, intencionales y orientadas hacia un fin y además con trascendencia histórica.

En este tipo de respuestas podemos también incluso identificar algunos rasgos anteriores al animismo, la categoría denominada por Piaget (1978) de realismo. La cual consiste en ignorar la existencia del yo, y en tomar la perspectiva propia por inmediatamente objetiva y absoluta. El realismo es por lo tanto la máxima ilusión antropocéntrica y finalista, esto es que más allá del deseo e intención del individuo no existe nada. En estas condiciones el pensamiento infantil se encuentra en continuas confusiones entre lo objetivo y lo subjetivo, entre lo verdadero y lo inmediato. Por ello, si la lógica del individuo no alcanza rigor ni objetividad es a causa de este egocentrismo innato que contrarresta la socialización. De acuerdo a Piaget el sujeto en esta etapa del pensamiento es incapaz por sí mismo de construirse una representación objetiva de la realidad. Por lo tanto, así como él hace su verdad, también hace su realidad, por ello afirma sin pruebas y manda sin limitación. Es la magia en el plano ontológico y la creencia inmediata en el plano lógico. Por ello, en nuestro caso algunas explicaciones referentes al cambio biológico se alejan totalmente del contenido científico biológico y se ubican en el plano de la magia, esto es de acuerdo a Piaget (1978) realismo puro. Otros ejemplos en este aspecto son: **“creo que después de que el insecticida va matando una o dos generaciones la siguiente generación tal vez ya desarrolló un caparazón o algo así más potente”**, **“el organismo de los insectos se fue adaptando al químico del insecticida, cambiando algunas de sus estructuras, las cuales se fueron transmitiendo a sus hijitos insectitos”**.

De acuerdo con lo anterior para Chi *et al* (1994) muchos estudiantes atribuyen a la evolución de los organismos procesos intencionales y acaso también mágicos: un organismo percibe la adversidad del medio y se dice “mejor que me crezcan los

colmillos para sobrevivir”, cuando de hecho, por ejemplo, fenómenos evolutivos, como las mutaciones son azarosas y absolutamente acausales. Evidentemente que estos factores constituyen un escollo formidable para comprender el tema de la evolución, ya que para ello es necesario considerar una interacción acausal, absolutamente azarosa y objetiva. Pues procesos como las mutaciones, la conducta reproductiva, la búsqueda del equilibrio génico, así lo exigen. De acuerdo a Chi, este ejemplo contribuye a reconocer asignaciones ontológicas equivocadas desde la perspectiva de la ciencia. Por ello para esta autora los conceptos más difíciles de adquirir serán aquellos cuya categoría ontológica sea incompatible con la percibida psicológicamente por el sujeto (estado emocional).

En congruencia a ello, Pozo (1997) establece que una diferencia esencial entre las teorías cotidianas y científicas reside en la forma en que están estructurados los conceptos en unas y otras. De esta manera, mientras que las teorías científicas utilizan esquemas o *estructuras conceptuales* cercanos a los esquemas operatorios formales de Piaget e Inhelder (1996) las teorías implícitas se basan en estructuras conceptuales mucho más simples, que se oponen en buena medida a esos esquemas formales subyacentes a las teorías científicas. Por lo tanto el aprendizaje del concepto cambio biológico requerirá, además del cambio epistemológico y ontológico, un cambio en las estructuras conceptuales, o reestructuración de los conocimientos. Dicho de otra manera, el alumno no logrará asimilar el conocimiento que se le presenta en el aula a menos que logre interpretar la tarea mediante un esquema conceptual más complejo, cuyas características están próximas a las del pensamiento formal piagetiano y cuyo proceso requiere al menos de un semestre de instrucción. Para nosotros es evidente que al menos el 68% de los alumnos examinados no logran transitar hacia la etapa de pensamiento formal Piagetiana, también es cierto que no encontramos contradicción en ubicar a estos mismos alumnos en la categoría ontológica abstracciones o estados mentales, por las características ya mencionadas. Nosotros sugerimos que estos factores deben ser considerados

por los docentes al momento de abordar contenidos escolares, cuya complejidad así sea exigida.

En lo que respecta a la categoría materia (átomo, célula, seres humanos, sustancia química, etc) presentan atributos ontológicos que poseen las entidades físicas que son contenibles, tienen peso, volumen, son de colores, entre otras. Es decir, son tangibles y por lo tanto cuantificables.

En este trabajo encontramos que el 26% de los alumnos encuestados pertenece a esta clase (gráfica II), en este sentido las atribuciones consideradas en esta serie corresponden a las propiedades de la sustancia química únicamente, por un lado. Por otro lado, también se considera a la sustancia química en combinación con la resistencia del insecto, subcategoría híbrida. Consideramos que en las respuestas de esta subcategoría ontológica existe un fuerte componente antropocéntrico, alejado totalmente de los conceptos científicos sobre el cambio biológico, al atribuirle la baja calidad del insecticida a la intervención humana más que a un proceso natural, ejemplo de esto tenemos expresiones tales como; **“sus componentes se van agotando o descomponiendo y poco a poco el insecticida pierde su efectividad”** o **“porque los creadores de estos los van haciendo cada vez más chafa”** o **“puede ser que con el tiempo los químicos se hagan menos potentes”** entre otros.

En este caso sugerimos que las respuestas podrían ser culturales, al asumir los alumnos encuestados la posibilidad de que la falta de efecto del insecticida sobre los piojos se deba, en el primer caso, a la intervención humana al plantearse que la sustancia química activa es fabricada con menos calidad y en consecuencia su efecto menor e incluso nulo. No obstante, se podría en el futuro ajustar el instrumento para descartar esta posibilidad.

En cuanto a la categoría ontológica proceso, en ésta se agrupan los principales conceptos científicos del cambio biológico, en esta cuestión es notorio que el

número de alumnos que se acercó a esta clase es muy bajo, 6 %, lo cual sin embargo no sorprende ya que como mencionan Chi, *et al* (1994) y Chi (1992) muchas de las concepciones biológicas están basadas en rasgos propios de estados mentales más que en rasgos propios de procesos.

Si bien es cierto que en la mayoría de los enunciados de esta categoría ontológica no se nota claramente los componente operacionales del cambio biológico, es notable por ello que dos alumnos sí mencionan que son lo descendientes los que serán más fuertes y no el individuo que sobrevivió, y que son las poblaciones y no los individuos los que evolucionan, notándose con cierta claridad el proceso operacional del cambio biológico, dichas enunciados son los siguientes; 1) “porque **con el paso del tiempo** cuando se aplica insecticida a los piojos, **los piojos que pudieran sobrevivir** y que aguantaran, **su descendencia saldría cada vez más poderosa** y sería más difícil combatirlas, y por eso no es que los insecticidas cambien su efecto, sino que al paso del tiempo **los piojos van evolucionando poco a poco.**” 2) “porque **con el tiempo los insectos se van haciendo resistentes** a esos químicos, como **que van evolucionando o se adaptaron, al cabo de varias generaciones se hacen más fuertes** por eso es que el insecticida pierde efectividad”

Por lo que respecta a los restantes enunciados, aunque si bien es cierto que no mencionan, con claridad los componentes operacionales, si aluden a un proceso al contextualizar el hecho en el tiempo y una consecuencia de éste, como ejemplos de estas expresiones tenemos las siguientes; 1) “porque tal vez **con el tiempo sobrevivirán los individuos más fuertes** y por lo tanto sea más difícil matarlos” 2) “**el insecto que sobrevive al insecticida a la siguiente generación se hace más fuerte** y el insecticida con el tiempo se hace inservible o por otra parte va descendiendo el efecto de la sustancia que utilizan”.

Adicionalmente se puede observar que estas oraciones enuncian atributos ontológicos propios de los procesos, tales como: “ocurren en el tiempo resultan o proceden de.” Por ello hemos clasificado en esta categoría a esas expresiones.

Por otra parte consideramos que por la forma de estructurar sus argumentos, estos alumnos están alejados de las categorías de pensamiento artificialista y animista propuesta por Piaget (1978) en consecuencia sugerimos que estos alumnos están en condiciones de afrontar conceptos científicos de mayor complejidad al haber superado el pensamiento basado en estructuras conceptuales simples, pensamiento preoperacional. Asumimos por lo tanto que en su razonamiento están cerca de utilizar esquemas o *estructuras conceptuales* próximos a los esquemas operatorios formales propuesto por Piaget e Inhelder (1996).

Para lograr lo anterior se han propuesto algunos modelos de enseñanza de la ciencia, entre los principales encontramos los siguientes.

Aprendizaje significativo

Modelo propuesto por Ausubel (1976) en él es fundamental considerar no sólo la lógica de las disciplinas sino también la lógica de los alumnos. En este modelo el aprendizaje de la ciencia consiste en transformar el *significado lógico*, en *significado psicológico*, es decir en lograr que los alumnos asuman como propios los significados científicos. Para lograr esto, la estrategia didáctica deberá consistir en un acercamiento progresivo de las ideas de los alumnos a los conceptos científicos. Este modelo de enseñanza concede un importante papel a la actividad cognitiva del sujeto que sin duda la sitúa más próxima a una concepción constructivista. De acuerdo a este principio, la organización del contenido de un material en particular en la mente de un individuo consiste en una estructura jerárquica en la que las ideas más inclusivas ocupan el ápice e incluyen las preposiciones, conceptos y datos fácticos progresivamente menos inclusivos y más finamente diferenciados.

Para que una explicación o exposición, ya sea oral o escrita, resulte eficaz, es preciso, que se establezca de modo explícito relaciones entre la nueva información que va a presentarse y ciertos conocimientos que ya están presentes en la estructura conceptual del alumno. Al explicar los procesos de aprendizaje significativo, la comprensión implica para Ausubel una asimilación de la nueva información a ciertas ideas inclusoras presentes en la mente del alumno. Cuando no existen esas ideas inclusoras o su activación directa resulte improbable, es preciso recurrir a un organizador previo, lo que suele constituir la primera fase en una secuencia de enseñanza.

Este organizador previo, que antecede al material de aprendizaje propiamente dicho, tiene por función tender un puente cognitivo entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber antes de aprender significativamente la tarea en cuestión. Es preciso además siguiendo, el principio de diferenciación progresiva antes establecido, que los organizadores previos tengan un nivel de generalidad mayor que las ideas cuyo aprendizaje pretenden introducir.

La propia presentación del organizador implica a su vez varios pasos y debe conducir a una segunda fase en la que se presente el material (lecturas, discusiones, experiencias, exposiciones, etc.). En todo caso su organización ha de ser siempre explícita, debiendo el profesor dirigir y guiar la atención de los alumnos de forma que capten esa organización. El recurso más usual para lograr esa explicitación es la explicación por parte del profesor, que en todo caso deberá completarse con una tercera fase, en la que se refuerzan todos los lazos y relaciones conceptuales tendidos, no solo entre el organizador previo y el material de aprendizaje, sino también con otros conocimientos anteriormente presentados, de forma que se haga una vez más explícita la estructura conceptual del currículo.

La meta esencial en este modelo es transmitir a los alumnos la estructura conceptual de las disciplinas científicas, que es lo que constituye el *significado*

lógico de las mismas. Lo importante es que los alumnos acaben por compartir los significados de la ciencia.

La Enseñanza Mediante el Conflicto Cognitivo

Esencialmente basado en las ideas de Strike y Posner (1992), en esta propuesta se asume la idea de que el alumno es el que elabora y construye su propio conocimiento y quien debe tomar conciencia de sus limitaciones y resolverlas. En este enfoque, las concepciones alternativas ocupan un lugar central, de forma que la meta fundamental en este modelo será cambiar esas concepciones intuitivas de los alumnos y sustituirlas por el conocimiento científico.

En cuanto a las relaciones entre el conocimiento cotidiano y el científico, asume normalmente el supuesto de la incompatibilidad entre ambas formas de conocimiento, por el que las teorías implícitas de los alumnos deben ser sustituidas por el conocimiento científico. La forma de lograr esa sustitución, es hacer que el alumno perciba los límites de sus propias concepciones alternativas y, en esa medida, se sienta insatisfecho con ellas y dispuesto a adoptar otros modelos más potentes o convincentes.

La idea básica de este modelo es que el cambio conceptual, o sustitución de los conocimientos previos del alumno, se producirá como consecuencia de someter a esos conocimientos a un conflicto empírico o teórico que obligue a abandonarlos en beneficio de una teoría más explicativa. Así, si enfrentamos a un alumno que cree que los objetos pesados caen más rápido que los más livianos, a una situación en la que pueda comprobar que la velocidad de caída es independiente de la masa de los objetos, el alumno se verá obligado a reestructurar su conocimiento para asimilar la nueva información.

Obviamente, desde este modelo no se espera que la simple presentación de la situación conflictiva dé lugar a un cambio conceptual, sino que se requerirá, una

acumulación de conflictos que provoquen cambios cada vez más radicales en la estructura de conocimientos de los alumnos. Para ello se diseñan secuencias educativas programadas con el fin de dirigir u orientar las respuestas de los alumnos a esos conflictos.

Este modelo comprende una secuencia de instrucciones que se producirían en tres momentos o fases:

En un primer momento, se utilizan tareas que, mediante inferencias predictivas o solución de problemas, activen los conocimientos o la teoría previa de los alumnos. La función de estas tareas es no sólo que el profesor conozca las diferentes concepciones alternativas mantenidas por los alumnos, sino que éstos tomen conciencia de sus propias representaciones.

En un segundo momento se enfrenta a los conocimientos así activados a las situaciones conflictivas, mediante la presentación de datos o la realización de experiencias. Como frecuentemente los alumnos no serán capaces de resolver de modo productivo esos conflictos, algunos de los modelos proponen presentar teorías o conceptos alternativos que permitan integrar los conocimientos previos de los alumnos con la nueva información presentada.

El grado de asimilación de estas nuevas teorías dependerá de su capacidad para explicar nuevos ejemplos y de resolver los conflictos planteados por los anteriores. En esta fase se trata de que el alumno tome conciencia no sólo de su concepción alternativa sino de los límites de esa concepción y de sus diferencias con el conocimiento científicamente aceptado. Es la fase crucial ya que en ella debe lograrse no sólo la insatisfacción con la propia concepción sino que la nueva concepción, más próxima al saber científico y a las metas del currículo, resulte inteligible y creíble.

En un tercer y último momento o fase se tratará de consolidar los conocimientos adquiridos y comprender su mayor poder explicativo con respecto a la teoría

anterior. El alumno abandonará su concepción previa en la medida en que perciba que dispone de una teoría mejor, que permite predecir y comprender situaciones para las cuales su teoría alternativa resultaba insuficiente. Para ello deberá generalizar o aplicar los conocimientos científicos a nuevas situaciones y tareas comprobando su eficacia.

La Enseñanza Mediante la resolución de problemas (investigación dirigida).

En este modelo se asume que para lograr cambios profundos en la mente de los alumnos, es preciso situarles en un contexto de actividad similar al que vive un científico, pero bajo la atenta dirección del profesor que actuaría como "director de investigaciones". Este planteamiento didáctico se concibe como un proceso de construcción social en la forma de llevar esa investigación al aula Gil (1993).

De acuerdo a Porlán (1999) en esta perspectiva no se asume que el componente único o esencial del trabajo científico sea la aplicación rigurosa de un método, sino que, se considera que la investigación que los alumnos deben emular consiste ante todo en un laborioso proceso de construcción social de teorías y modelos, apoyado no sólo en ciertos recursos metodológicos sino también en el despliegue de actitudes que se alejan bastante de las que cotidianamente muestran los alumnos, por lo que la meta de esa investigación debe ser promover en los alumnos cambios no sólo en sus sistemas de conceptos sino también en sus procedimientos y actitudes.

Con base en lo anterior se asume, la hipótesis de la *incompatibilidad* entre el conocimiento cotidiano y el científico, no sólo en sus sistemas de conceptos, sino también en sus métodos y en sus valores. Al mismo tiempo, se adopta una clara posición constructivista, al considerar que los modelos y las teorías elaborados por la ciencia, pero también sus métodos y sus valores, son producto de una construcción social, y que por tanto, para lograrlos en el aula, es necesario situar al alumno en contextos sociales de construcción del conocimiento similares a los que vive un científico. Dado que la investigación científica se basa en la

generación y resolución de problemas teóricos y prácticos, la propia enseñanza de la ciencia deberá organizarse también en torno a la resolución de problemas.

El eje sobre el que se articula este modelo se traduce en una secuencia de contenidos disciplinariamente organizados, y en cuya estructuración desempeña un papel importante la propia historia de la ciencia.

El desarrollo de esa secuencia de contenidos se apoyará en el planteamiento y resolución conjunta de problemas por parte del profesor y de los alumnos. Estos problemas deben consistir en situaciones abiertas, que exijan la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor, y se corresponderán por tanto, dentro de la resolución de problemas con la realización de pequeñas investigaciones que en lo posible integren tanto aspectos cualitativos como cuantitativos. La labor del profesor será no sólo orientar la investigación, sino también reforzar, matizar o cuestionar las conclusiones obtenidas por los alumnos a la luz de las aportaciones hechas previamente por los científicos en la resolución de esos mismos problemas.

La enseñanza por explicación y contrastación de modelos

En este modelo propuesto por Pozo y Gómez (1998) se asume que la educación científica constituye un escenario de adquisición del conocimiento completamente diferente a la investigación y por tanto se dirige a metas distintas y requiere actividades de enseñanza y evaluación diferentes. El alumno no puede enfrentarse a los mismos problemas que en su momento intentaron resolver los científicos. Tampoco el profesor puede equipararse a un director de investigaciones, ya que su función social es muy diferente a la de un científico.

Este enfoque se arroga una posición constructivista con respecto al aprendizaje de la ciencia. Para este modelo la construcción del conocimiento científico y escolar implica escenarios sociales claramente diferenciados por sus metas y la organización de sus actividades. Desde esta perspectiva se considera que la meta

de la educación científica debe ser que el alumno conozca la existencia de diversos modelos alternativos en la interpretación y comprensión de la naturaleza, y que la contrastación de estos modelos le ayudará a comprender mejor los fenómenos estudiados.

En este modelo hay un interés implícito por los contenidos conceptuales, sin embargo, éstos se organizarían no tanto a partir de los contenidos conceptuales específicos (densidad, calor, movimiento, etc.) sino de las estructuras conceptuales o modelos que dan sentido a esos conceptos (interacción, equilibrio, conservación, etc.). Se trata de profundizar y enriquecer los modelos elaborados por los alumnos, que deben ir integrando no sólo cada vez más información sino también otros modelos y perspectivas. Se debe tratar de que el alumno pueda interpretar las diferencias y similitudes entre diferentes modelos.

La manera de acceder a esas estructuras subyacentes, o implícitas, al entramado conceptual de los alumnos es a través de los conceptos específicos de la física, la química y la biología, que no deberán concebirse como un fin en sí mismos sino como un medio para acceder a construir esas estructuras conceptuales, que son las que han dado sentido a esos conceptos, mismos que constituirían los objetivos a corto plazo, y las metas intermedias, para acceder a otras metas más profundas y generales.

Las estrategias propuestas en la enseñanza de este modelo son variadas e incluyen entre otras: el entrenamiento directo en los modelos y estructuras conceptuales; el enriquecimiento de modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros; las explicaciones del profesor y las evaluaciones recibidas; la presentación y contrastación de los modelos en el contexto de la solución de problemas; y la explicación de esos modelos por parte del profesor y su discusión con los alumnos. El uso de cada una de esas estrategias dependerá del contenido, los propósitos etc.

En este modelo se intenta huir ambos extremos (el del "método científico" único y omnipotente que guía todas las actividades de enseñanza; y el del relativismo vacío según el cual todo vale). Es preciso partir de que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas, que deben ser modeladas, explicadas, pero también enriquecidas mediante la multiplicación de modelos alternativos. El profesor debe ejercer en diferentes momentos de la actividad didáctica, papeles diversos: debe guiar las indagaciones del alumno, pero también debe exponer alternativas, inducir a generar contrargumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc.

Una de las tareas más relevantes y complejas que debe ejercer el profesor es explicar a sus alumnos esos diversos modelos alternativos, pero desde la posición de diálogo, una conversación más o menos encubierta, en la que el profesor construya diferentes escenarios explicativos para hacer dialogar a los diversos modelos e interpretaciones posibles de los fenómenos estudiados, contrastándolos entre sí y redescribiendo unos en otros, es decir haciendo que se expliquen mutuamente con el fin de integrar unas explicaciones en otras. Algunas sugerencias para establecer esos diálogos o explicaciones mutuas entre modelos son las siguientes :

"Vamos a pensarlo juntos": el profesor redescrive las ideas generadas por los propios alumnos, intentando explicarlas y conectarlas con los modelos científicos.

"El narrador de cuentos" el profesor convierte la explicación en una narración, un relato, en el que integra los diferentes argumentos explicativos.

"Dilo a mi manera": los alumnos deben redescibir sus propias ideas e interpretaciones, reinterpretarlas, en términos de otro modelo, idealmente suministrado por el profesor, utilizando con precisión el lenguaje y los códigos explicativos de ese modelo.

"Míralo a mi manera": los alumnos deben partir de una teoría o modelo determinado para interpretar los problemas o fenómenos estudiados, deben intentar ponerse en el punto de vista de otro, preferiblemente un modelo científico, pero también la concepción alternativa de un compañero, para comprender las diferencias entre distintas perspectivas.

Estos son algunos modelos de enseñanza que se han ensayando con más frecuencia para superar el problema de las concepciones alternativas erróneas en ciencia. Queda a elección del docente el uso de algunos de estos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El problema en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia es complejo, multifactorial y motivo de acalorados debates hoy en día. Los factores que influyen en este proceso abarcan desde el contexto internacional hasta las políticas educativas nacionales pasando por las condiciones laborales, académicas, epistemológicas e inclusive psicológicas del docente. A ello habrá que agregar el papel que los alumnos juegan en este complejo problema. En este sentido, nuestro propósito en este trabajo fue aportar algunos elementos que coadyuven a comprender parte de éste fenómeno. Ante la imposibilidad de avocarnos en la mayoría de esos problemas, nos enfocamos únicamente al análisis sobre cuál es el conocimiento previo o alterno que poseen los estudiantes de bachillerato sobre el cambio biológico, posteriormente su clasificación y finalmente cuál es el posible impacto que juega este factor en la apropiación científica de este concepto central de la biología contemporánea.

De esta forma hemos encontrado, en las respuestas a la pregunta sobre el cambio biológico en alumnos de tercer semestre del bachillerato Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan, de la Universidad Nacional Autónoma de México, que el 68% de los estudiantes evaluados su conocimiento previo sobre este tema, no sólo está alejado de los conceptos científicos, sino que inclusive queda fuera de la categoría ontológica proceso que corresponde a esta área científica.

A partir de estos resultados estamos en condiciones de asumir que la mayoría de estos estudiantes poseen concepciones alternativas sobre el cambio biológico, que no son compatibles con los conceptos científicos de este tema, constituyendo ello un serio escollo para la asimilación de este concepto científico.

Sugerimos que, dado la edad de los alumnos encuestados -16 años-, un factor determinante en estas concepciones alternativa lo constituye la inmadurez psicológica en el pensamiento de éstos, ya que en esas condiciones, de acuerdo a Piaget (1976), algunos individuos son aún incapaces de estructurar un pensamiento compatible entre sus estados emocionales o abstractos y sus pensamientos procesales propios del conocimiento científico, y es precisamente a ésta categoría ontológica donde los procesos biológicos de los contenidos científicos corresponden.

Otro factor no menos determinante, aunado al anterior, lo constituye la función psicológica que desempeñan las explicaciones previas que manifiestan los individuos a diversos fenómenos naturales. En este sentido, de acuerdo a Claxon (1984) y Pozo (1999), este tipo de explicaciones conllevan una fuerte capacidad predictiva y adaptativa. En ellas su construcción tiene un fuerte soporte psicológico, que se fundamenta en su gran capacidad predictiva. Desde esta perspectiva su persistencia se puede explicar por haber sido construidas a partir de lo observado en etapas tempranas del desarrollo, lo cual permite deducir que su función es producir explicaciones predictivas y por lo tanto adaptativas a los diversos fenómenos naturales.

Con base en lo anterior asumimos que las concepciones alternativas o conocimiento previo son de algún modo el resultado del "sentido común", es decir, el funcionamiento del sistema cognitivo humano como producto biológico y cultural aplicado a la predicción y control de los fenómenos científicos.

No obstante lo anterior, no descartamos que el conocimiento alterno sea el resultado de muchos otros factores anteriormente descritos.

Transformar esas concepciones alternativas en alumnos de bachillerato constituye todo un reto para el docente, requiere algo más que sustituir las ideas de los alumnos por otras científicamente más aceptables; precisa que el docente sea

consciente de su origen. Requiere modificar sustancialmente los principios en los que están basadas de modo implícito, de modo que sea compatible con los principios ontológicos y epistemológicos en que se basa el conocimiento científico. Asimismo, es indispensable que el docente considere el estado de desarrollo del pensamiento que guardan los educandos para afrontar conceptos científicos complejos, en los cuales se necesita el uso de pensamiento procesal, donde es fundamental el tipo de relaciones cualitativas (conservación, equilibrio, interacción sistémica entre otras) y cuantitativas (proporción, probabilidad y correlación) que se establecen entre los conceptos componentes. Utilizar este tipo de relaciones, más complejas y elaboradas, requiere adquirir nuevas estructuras conceptuales y mentales próximas a los esquemas operatorios formales propuestos por Piaget e Inhelder (1996).

Para lograr lo anterior, se han propuesto algunos modelos de enseñanza de la ciencia que tienen como objetivo superar este problema. Es tarea del docente asumir este reto, en este sentido la perspectiva es amplia, las posibilidades de diseñar estrategias para solventar este problema en la enseñanza del cambio biológico están abiertas.

Consideraciones finales

La utilización de metodología de corte cualitativo, con enfoque etnometodológico, es una herramienta útil para explorar la organización conceptual del conocimiento que se expresa en forma discursiva. El análisis semántico para la identificación de conceptos, relaciones y preposiciones es una de las partes más importantes de este método. Así, las nociones sobre el cambio biológico, se vuelven precisas mediante un procedimiento interpretativo. De tal manera que conforme se analizan cuidadosamente las expresiones de los estudiantes, los aspectos de validez epistemológica, estado psicológico-cognitivo y potencial comunicativo aparecen claramente. A partir de esto se puede construir una clasificación conceptual con fines analíticos diversos, en el caso de este trabajo fue para la construcción de

categorías ontológicas y determinación del estado de desarrollo cognitivo de la población estudiada.

Una vez que se conoce la estructura lógico conceptual de los estudiantes mediante este método, las transformaciones que se puedan generar, posteriormente, pueden ser estudiadas en momentos diferentes desde la perspectiva del cambio conceptual. También es posible estudiar los patrones de razonamiento, en lo que se refiere a estrategias de pensamiento para la resolución de problemas, en nuestro caso los estados de desarrollo mental. Con ello se puede inferir porqué los estudiantes aprenden o no el contenido de una asignatura, el cambio biológico en este caso, desde un punto de vista cognoscitivo.

A partir de aspectos como los anteriores, con propósito de aplicación, se pueden generar estrategias de enseñanza, organización de programas de estudio e instrumentos de evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

Anderson, C., Sheldon, T., and Dubai, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal on Research in Science Teaching*, 27, 761- 776.

Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations. *Studies in Science Educations*, 18, 53 – 85.

Arnaudin, M. W., And Mintzes, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of the circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69, 721 – 723.

Ausubel, (1976). *Psicología Cognitiva*. Un punto de vista cognitivo. Trillas. México

Barker, M., and Carr, M. (1989). Teaching and learning about photosynthesis, part I: an assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 49 – 56.

Barras, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Educations*, 18, 201 – 206.

Bell, B., and Barker, M. (1982). Towards a scientific concept of "animal." *Journal of Biological Education*, 16(3), 197 – 200.

Bishop, B., and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role en evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415 – 428.

Bloom, J. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, 11, 401 – 415.

Bloom, J., and Borstad, J. (1990). Comments on "The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa?" *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 399 – 403.

Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 493 – 503.

Campanario, J. M., y Otero, J.C. (2000). "Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias." *Enseñanza de las ciencias*, 18, (2), 155 – 169.

Calero, J. L. (2000). Investigación cualitativa y cuantitativa. Problemas no resueltos en los debates actuales. *Rev. Cubana Endocrinología* 11 (3): 192-198.

Caramazza, A., McCloskey, M., and Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210, 1139 – 1141.

Carey, S., and Spelke, E. (1993). "Domain specific knowledge and conceptual change." *Cultural knowledge and domain specify*. New York. Cambridge University Press.

Carrascosa, (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. Extra 43-43.

Carretero, J. (1993). *Constructivismo y Educación*. Edelvives. España.

Castañón, R., y Seco, R. M. (2000). *La Educación Media Superior en México: una invitación a la reflexión*. Noriega. México.

Chaffee, S.H. (1991) *Explication*. Newbury Park, CA; Sage.

Champagne, A., Gunstone, R., and Klopfer, L. (1983). Naive knowledge and science learning. *Research in Science and Technological Education*, 1, 173 – 183.

Champagne, A., Gunstone, R., and Klopfer, L. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students. In L., H. T. West and A. L., Pines (Eds), *cognitive structure and conceptual change* (pp. 163 – 187). New York: Academic Press.

Champagne, A., Klopfer, L., and Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074 – 1079.

Chi, M., Slotta, J., Leuw, W. (1994). From things to proceses: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4 (1), 45 – 69.

Chi, M. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. *Cognitive models of Science*. Vol. 15. University of Minnesota Press. Mineapolis.

Cho, H. J., and Nordland, F. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69, 707 – 719.

Claxton, G. (1984). *Vivir y Aprender*. Alianza. Madrid

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66 – 71.

Colegio de Ciencias y Humanidades, (2001). Diagnóstico del Estado de la Docencia: Biología. Secretaria Auxiliar de Ciencias Experimentales. Secretaría Académica. DGCCH. UNAM.

Coll, C. (1993). Constructivismo en el aula. Graó. Barcelona.

Cross, D., Chastrette, M., and Fayol, M. (1988). Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10, 331 – 336.

Dobzhansky, T., Ayala, F., Stebbins, G., y Valentine (1988). *Evolución*. Omega. Barcelona.

Dreyfus, A., and Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: A taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23, 49 – 55.

Driver, R. (1989). Ideas científicas en la infancia y adolescencia. Madrid. Morata/ MEC.

Driver, R. (1989). Student's conceptions and the learning of science. *International Journal of science Educational*, 11: 481 – 490.

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

Duschl, R. A. (1995). "Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual." *Enseñanza de las ciencias*, 13, (1), 3 –14.

Engel – Clough, E., and Wood – Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19, 304 – 310.

Engel – Clough, E., and Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70, 473 – 496.

Erickson, G. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science education*, 64, 323-336.

Fernández, (2003). *Educación en tiempos inciertos*. Madrid Morata.

Fernandez, E. (2000). "Schools, teachers, and social change", FATHOM, <http://www.fathom.com/story/story>.

Fisher, K. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 53 – 62.

Fisher, K., and Lipson, J. (1986). Twenty questions about student errors. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 783 – 803.

Garfinkel, H. (1967). *Studies in Ethnomethodology*, Englewood Cliffs, Prentice Hall. Cambridge, Polity Press).

Garnett, D., Garnett, P., and Treagust, D. (1990). Implications of research on student's understanding of electrochemistry for improvising science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education*, 12, 147 – 156.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

Gil, D. (1993). "Psicología Educativa y Didáctica de las Ciencias. Los procesos de enseñanza/aprendizaje como lugar de encuentro". *Infancia y Aprendizaje*, 62-63, 171-186.

Gimeno, J., y Pérez Gómez, A. I. (2002). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid. Morata

Gonzalez, P. (2002). Manual de Psicología de la Educación. Psicología . Madrid Pirámide.

Good, R. (1991). Editorial. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, (5), 387.

Gowin, D. B. (1983). Misconceptions, metaphors, and conceptual change: Once more with feeling. In H. Helm and J. D. Novak (Eds), *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (pp. 39 – 41). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.

Gunstone, R. (1987). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55, 691 – 696.

Gussarsky, E., and Gorodetsky, M. (1990). On the concept "chemical equilibrium": The associative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 197 – 204.

Hackling, M., and Garnett, D. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205 – 214.

Hashweh, M. (1988). Descriptive studies of student's conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 121 – 134.

Hawkins, J., and Pea, R. (1987). Tools for bridging the cultures everyday and scientific thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 291 – 307.

Hewson, M., and Hamlyn, D. (1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *European Journal of Science Education*, 6, 245 – 262.

Hodson, D. (1992). Assessment of Practical Work: Some Considerations in Philosophy of Science. *Science and Education*, 1(2), 115-144.

Hodson, D. (1997). Filosofía de la Ciencia y Educación Científica. *En Constructivismo y enseñanza de las Ciencias*. Porlán, García y Cañal editores. Serie Fundamentos 2. Colección Investigación y enseñanza. Díada

<http://www.observatorio.org/comunicados/comun199.html>

Izquierdo, San Martí., y Espinet, (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*.17(1), 45-49.

Jiménez Aleixandre, M. P (2002). Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido el olfato. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* no. 32. pp. 48-55.

Jiménez Aleixandre, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (3), 248-256.

Jones, B., Lynch, P., and Reesnik, C. (1987). Children's conceptions of the earth, sun and moon. *International Journal of Science Education*, 9, 43 – 53.

Jungwirth, E. (1988). The associative field as a diagnostic instrument in assessing the breadth of multicontextual concepts: The concept "development". *International Journal of Science Education*, 10, 571 – 579.

Kargbo, D., Hobbs, E., and Erickson, G. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137 – 146.

Kuhn, T. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México.

Lawrenz, F. (1986). Misconceptions of physical science concept among elementary school teachers. *School Science and Mathematics*, 86, 654 – 660.

Lawson, A. (1991). Is Piaget's epistemic subject dead? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 581 – 592.

Lazarowitz, R. (1981). Correlations of junior high school student's age, gender and intelligence with ability to construct classification in biological. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 15 – 22.

Ledesma, M. (2000). *Historia de la Biología*. AGT. Editor, S.A. México.

Loo, M. (2003). Teorías implícitas Predominantes en Docentes de Cinco Carreras Profesionales. *Rev. Enf. IMSS. FES Aragón*. 11 (20). 63-69.

Lyncott, J. (1985). "Aristotelian" was given as the answer, but what was the question? *American Journal of Physics*, 53, 428 – 432.

Lyncott, J., and Duschl, R. (1990). Qualitative research: From methods to conclusion. *Science Education*, 74, 445 – 460.

Mali, G., and Howe, A. (1979). Development of hearth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63, 685 – 691.

Maloney, D. (1988). Novice rules for projective motion. *Science Education*, 72, 501 – 513.

Mengascini, A., y Menegaz, A. (2005). “El juego de las mariposas” propuesta didáctica para el tratamiento del cambio biológico. *Revista Eureka sobre la Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 2, No 3, pp 403-415.

Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 1, 587 – 596.

Monereo, C. (1999). Estrategias de enseñanza y aprendizaje. *Formación del profesorado y aplicación en el aula*. Graó. Barcelona.

Mori, I., Kojima, M., and Tadang, N. (1976). The effect of language on a child's conception of speed: A comparative study on Japanese and Thai children. *Science Education*, 60, 531 – 534.

Morrone, J. (1999). El arca de la biodiversidad. UNAM, México, pp. 15-63.

Murphy, G. Medin, D. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological review*, 92, 3: 289 – 316.

Neisser, U. (1987). Concepts and conceptual development. Cambridge University press.

Novak, J. D., and Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.

Novick, S., Nussbaum, J. (1981). Pupil's understanding of the particular nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65, 187 – 196.

Ogunniyi, M. (1987). Conceptions of traditional cosmological ideas among literate and nonliterate Nigerians. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 107 – 117.

Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Teaching and Technological Education*, 1, 73 -- 82.

Osborne, R. J., Bell, B., and Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5, 1 – 14.

Osborne, R., and Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59 – 87.

Patel, V., Kaufman, D., and Magder, S. (1991). Causal explanation of complex physiological concepts by medical students. *International Journal of Science Education*, 13, 171 – 185.

Pérez, A. (1999). La cultura social en la sociedad neoliberal. *La cultura social*, 79 – 26. Morata. Madrid.

Peters, P. (1982). Even honor students have conceptual difficulties with physics. *American Journal of Physics*, 50, 501 – 508.

Peterson, R., and Treagust, D. (1989). Grade 12 student's misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66, 459 – 460.

Piaget, J. P. (1978). La representación del mundo en el niño. Morata. Madrid.

Piaget, J., e Inhelder, B. (1996). De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Paidós. Barcelona.

Porlán, (1997). Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias. Serie Fundamentos No.2. *Colección Investigación y Enseñanza*. 201 pp. Díada.

Porlán. R. (1999) 'Hacia un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias por Investigación', en M. Kaufman y L. Fumagalli (comp) *Enseñar Ciencias Naturales: Reflexiones y Propuestas Didácticas*, pp.24-64. Buenos Aires, Editorial Paidós Educador.

Posner, G., Strike, K., Hewson, P., and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211 – 227.

Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 7, 18-26.

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

Pozo, J. I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Morata. Madrid.

Pozo, J. I. (1999). Más Allá del Cambio Conceptual: El Aprendizaje De La Ciencia Como Cambio Representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 513-520.

Pozo, J.I. (1997). El cambio sobre el cambio: hacia una nueva concepción del cambio conceptual en la construcción del conocimiento científico, pp. 155-176, en Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (comp). *La construcción del conocimiento escolar.* : Paidós. Barcelona.

Pozo, J.I., Gómez, C. (1998). Aprender y enseñar ciencia: *¿por qué los alumnos no aprenden la ciencia que se les enseña?* Morata. Madrid.

Pozo, J. I., M. Gómez (1998) Aprender y Enseñar Ciencia: *Del Conocimiento Cotidiano al Conocimiento Científico.* Madrid. Morata.

Rodrigo, M. J. (1982). La crisis de la noción de estructura lógica: análisis experimental del estado de operaciones concretas. *Infancia y aprendizaje*, 17: 115.

Rodrigo, M.J. (1997). Del escenario sociocultural al constructivismo episódico: un viaje al conocimiento escolar de la mano de las teorías implícitas, pp.177-194, en Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (comp.). *La construcción del conocimiento escolar.* Paidós. Barcelona.

Rollnick, M., and Rutherford, M. (1990). African primer school teachers—what ideas do they hold on air and pressure? *International Journal of Science Education*, 12, 101 – 113.

Santos, G. (2003). Trampas en la educación: *el discurso sobre la calidad.* La muralla. Madrid.

Secretaría de Educación Pública. (2001). Programas de Estudio de Biología.

Shayer, M., and Wylam, H. (1981). The development of the concepts of heat and temperature in 10 –13 years – old. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 419 – 434.

Smith, D.C. (1987). Primary teacher's misconceptions about light and shadows. In J. D. Novak (Ed), *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol II pp. 461 – 476). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.

Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupil's understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63 – 82.

Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10, 553 – 560.

Stavy, R., and Wax, N. (1989). Children's conceptions of plants as living things. *Human Development*, 32, 635 – 647.

Stavy, R., Eisen, Y., and Yaakobi, D. (1978). How students age 13– 15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9, 105 – 115.

Stenhouse, D. (1986). Conceptual change in science education: paradigms and language-games. *Science Education*, 70, 413 – 425.

Stewart, J., Hafner, B., and Dale, M. (1990). Student's alternative views of meiosis. *American Biology Teacher*, 52, 228 – 232.

Stone, M, (2001). Enseñanza para la Comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Paidós.

Strike, K., Posner, G. (1992) "A revisionist theory of conceptual change". En R. A. Duchsl y R. J. Hamilton (eds.) *Philosophy of science, cognitive, psychology and educational practice*. Albany, Nueva York: State University of New York Press.

Tema, B. (1989). Rural and urban African pupil's alternative conceptions of "animal." *Journal of Biological Education*, 32, 199 – 207.

Thijs, G. (1987). Conceptions of force and movement. Intuitive ideas of pupils in Zimbabwe in comparison with findings from other countries. In J. D. Novak (Ed), *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol III pp. 501 – 513). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.

Tourraine, A. (2001). ¿Podremos vivir juntos? Ética y política: *un mundo desgarrado*. 297 – 314. Fondo de Cultura Económica. México.

Trowbridge, J.E., and Mintzes, J.J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: Across-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 547 –571.

Trowbridge, D. E., and McDermott, L. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49, 242 – 253.

Vázquez y Manassero, (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: "hacia una educación científica humanística". *Revista Electrónica de las ciencias*, Vol. 4, num. 2.

Veiga, M., Costa Pereira, D., and Maskill, R. (1989). Teacher's language and pupil's ideas in science lessons: Can teachers avoid reinforcing wrong ideas? *International Journal of Science Education*, 11, 465 – 479.

Viennot, L. (1985). Analyzing student's reasoning: tendencies and interpretation. *American Journal of physics* 57, 432 – 436.

Wandersee, J. H. (1983). Student's misconceptions about photosynthesis: Across –age study. In H. Helm and J. D. Novak (Eds), *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (pp. 441–466). Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.

Wandersee, J. H., Mintzes. J., and Novak, J. (1994). Research in alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed.), *Research Handbook on Research on Science, Teaching and Learning*. New York, N.Y. McMillan Pub.

Wandersee, J. H. (1986). Can the history of science help science education anticipate student's misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581 – 597.