

## Agradecimientos

Este documento es resultado de un trabajo interdisciplinario e interinstitucional, que fue posible gracias a la voluntad decidida de muchas personas y organizaciones que compartieron interrogantes y se comprometieron en la búsqueda de conocimientos acerca de los lineamientos pedagógicos y curriculares que el país necesita y el Ministerio de Educación debe ofrecer. A todos ellos, instituciones y personas, un agradecimiento especial porque con sus aportes están haciendo posible que la educación sea un asunto de interés de toda la sociedad.

A la Dirección General de Investigación y Desarrollo Pedagógico del MEN que junto con sus asesores y equipos de trabajo orientaron, acompañaron y apoyaron el proceso de elaboración, discusión y publicación de este material, un merecido reconocimiento porque su gestión pedagógica y administrativa ha sido definitiva para la consecución de la meta de presentar unos lineamientos a los educadores colombianos.

---

[Volver a Contenido](#)

En la antesala del nuevo milenio y en el contexto de la nueva sociedad de conocimiento, la educación se reconoce como la causa principal del progreso y de los avances que conocemos como desarrollo.

Para que esto sea así entre nosotros es urgente animar todos nuestros empeños con una visión nueva del desarrollo y por consiguiente de la educación. Con una visión del desarrollo humano sostenible como visión articuladora y totalizante de las relaciones del hombre con sus semejantes y con su medio, que hace perdurable el progreso para nosotros y para las generaciones futuras, que desarrolla la capacidad humana del trabajo como una potencialidad abierta y coordinada con el flujo de todas las formas de vida como sistema.

Una visión nueva de la educación capaz de hacer realidad las posibilidades intelectuales, espirituales, afectivas, éticas y estéticas de los colombianos, que garantice el progreso de su condición humana, que promueva un nuevo tipo de hombre consciente y capaz de ejercer el derecho al desarrollo justo y equitativo, que interactúe en convivencia con sus semejantes y con el mundo y que participe activamente en la preservación de los recursos. En este contexto, el Ministerio de Educación Nacional entrega a los educadores y a las comunidades educativas del país la serie de documentos titulada "Lineamientos Curriculares", en cumplimiento del artículo 78 de la Ley 115 de 1994.

Los lineamientos constituyen puntos de apoyo y de orientación general frente al postulado de la Ley que nos invita a entender el currículo como "...un conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local..." (artículo 76).

Los lineamientos que han de generar procesos de reflexión, análisis crítico y ajustes progresivos por parte de los maestros, las comunidades educativas y los investigadores educativos, hacen posible iniciar un cambio profundo hacia nuevas realidades en donde las "utopías" y la imaginación de nuevos modelos de sociedad estimulen entre nosotros un hombre nuevo con una actitud mental nueva, consciente de que no hay realidades por imitar sino futuros por construir, y en el cual las mejores condiciones de vida que se vayan alcanzando exigirán no tanto tener más sino ser más, pues ésta es la verdadera condición del progreso humano.



Jaime Niño Díez  
Ministro de Educación Nacional

## Sentido pedagógico de los lineamientos

El propósito de estos documentos es compartir algunos conceptos que sustentan los lineamientos curriculares por áreas del conocimiento con el objeto de fomentar su estudio y apropiación.

En el proceso de desarrollo de la Constitución Política y de la Ley General de Educación, surgen interrogantes sobre el sentido y la función de la pedagogía en el siglo XXI, sobre las potencialidades que es posible desarrollar en las personas, en los grupos, en las etnias y en las diversas poblaciones. Ligadas a las anteriores surgen las preguntas sobre qué enseñar y qué aprender en la escuela. Y todos esos cuestionamientos hacen que las reflexiones converjan a los temas de currículo, plan de estudios, evaluación y promoción de los estudiantes. La discusión de estos temas requiere tiempos y espacios intencionalmente generados y mantenidos.

Las respuestas de los docentes y de los consejos académicos pueden tener un énfasis hacia lo local, hacia lo singular del municipio o de la población que atienden. Las respuestas de las secretarías de educación y del Ministerio tienen que combinar la atención a la diversidad con los aportes a la construcción de la identidad nacional. A las autoridades les corresponde velar porque los currículos particulares traten en forma adecuada la tensión entre lo local y lo global; que las comunidades sean competentes para asumir autónomamente sus procesos educativos sin perder de vista que su municipio y su escuela, con todas sus particularidades, están situados en un país y en un mundo interconectado e interdependiente.

Con los lineamientos se pretende atender esa necesidad de orientaciones y criterios nacionales sobre los currículos, sobre la función de las áreas y sobre nuevos enfoques para comprenderlas y enseñarlas.

El papel que cumplen las áreas y las disciplinas en los currículos de la educación básica y media, varía según las épocas y las culturas. A los educadores especialistas corresponde elaborar y asumir los programas curriculares como transitorios, como hipótesis de trabajo que evolucionan a medida que la práctica señala aspectos que se deben modificar, resignificar, suprimir o incluir.

También cambian los procedimientos que el Ministerio de Educación emplea para orientar el desarrollo pedagógico del país. Abandona el rol de diseñador de un currículo nacional para asumir el de orientador y facilitador de ambientes de participación en los cuales las comunidades educativas despliegan su creatividad y ejercen la autonomía como condición necesaria para que haya un compromiso personal e institucional con lo que se hace y se vive en las aulas.

Los lineamientos buscan fomentar el estudio de la fundamentación pedagógica de las disciplinas, el intercambio de experiencias en el contexto de los Proyectos Educativos Institucionales. Los mejores lineamientos serán aquellos que propicien la creatividad, el trabajo solidario en los microcentros o grupos de estudio, el incremento de la autonomía y fomenten en la escuela la investigación, la innovación y la mejor formación de los colombianos.

Santa Fe de Bogotá, D.C., 7 de junio de 1998

## serie lineamientos curriculares

# Ciencias Naturales y Educación Ambiental

## Presentación

Proponemos el presente documento sobre “Lineamientos curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental” con el propósito de señalar horizontes deseables que se refieren a aspectos fundamentales y que permiten ampliar la comprensión del papel del área en la formación integral de las personas, revisar las tendencias actuales en la enseñanza y el aprendizaje y establecer su relación con los logros e indicadores de logros para los diferentes niveles de educación formal.

Pretende así ofrecer orientaciones conceptuales, pedagógicas y didácticas para el diseño y desarrollo curricular en el área, desde el preescolar hasta la educación media, de acuerdo con las políticas de descentralización pedagógica y curricular a nivel nacional, regional, local e institucional, y además pretende servir como punto de referencia para la formación inicial y continuada de los docentes del área.

El documento está estructurado en tres grandes partes. La Primera Parte se refiere a los referentes teóricos para el diseño, desarrollo y evaluación del currículo autónomo de las instituciones. Contiene referentes filosóficos y epistemológicos, referentes sociológicos y referentes psico-cognitivos.

Los referentes filosóficos y epistemológicos se ocupan, en primer lugar, de resaltar el valor del papel del mundo de la vida, en la construcción del conocimiento científico. En segundo lugar, se ocupan de analizar el conocimiento común, científico y tecnológico, la naturaleza de la ciencia y la tecnología, sus implicaciones valorativas en la sociedad y sus incidencias en el ambiente y en la calidad de la vida humana.

Los referentes sociológicos se ocupan de hacer un análisis acerca de la Escuela y su entorno: la escuela recontextualizada como una institución cultural y democrática en la que participativamente se construyen nuevos significados a través del trabajo colectivo, mediado por la calidad de las relaciones entre sus miembros.

Aunque se enfatiza el papel de la escuela en relación con la educación ambiental, es conveniente que los usuarios de estos lineamientos consulten también los documentos producidos por el Ministerio de Educación Nacional a través del Programa de Educación Ambiental, los cuales están relacionados tanto en las referencias bibliográficas como en la bibliografía complementaria de este documento. Hacemos especial mención al “decreto 1743 de 1994, por el cual se fijan los criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente. El documento “Lineamientos Generales para una Política Nacional de Educación Ambiental “(1995), permite complementar, ampliar y contextualizar algunos elementos fundamentales para los procesos pedagógicos y didácticos de la educación ambiental, y el documento “La dimensión ambiental: un reto para la educación de la nueva sociedad. Proyectos ambientales escolares” (1996), aporta estrategias para el estudio de la dimensión ambiental en la escuela.

Los referentes psicocognitivos se ocupan del proceso de construcción del pensamiento científico, explicitan los procesos de pensamiento y acción, y se detienen en el análisis del papel que juega la creatividad en la construcción del pensamiento científico y en el tratamiento de problemas.

La Segunda Parte hace referencia a las implicaciones que los referentes teóricos tienen en la pedagogía y la didáctica. Invita al docente a mejorar su rol de educador, asigna un nuevo papel al laboratorio de ciencias, aporta elementos para mejorar el proceso de evaluación del aprendizaje y finalmente propone una alternativa didáctica renovadora, que debe tomarse como punto de referencia, pero que de ninguna manera constituye una camisa de fuerza a seguir. Más bien debe ser interpretada como una invitación a los docentes a que construyan sus propias propuestas didácticas.

La Tercera Parte muestra un ejemplo de aplicación de los lineamientos en el diseño de una propuesta curricular, que al igual que en los casos anteriores sólo pretende señalar horizontes deseables o rutas posibles, sin que ellas sean obligatorias.

A medida que se desarrolla el documento, nos iremos aventurando a hacer algunas afirmaciones que pueden entenderse a la manera de un conjunto de “Supuestos de base”, que conforman un marco de referencia que permiten dar un significado a los diversos conceptos que juegan un papel central como son ciencia, tecnología, ambiente, pedagogía, didáctica y muchos otros. Tales supuestos se encuentran en negrilla y con asteriscos.

Es importante resaltar la valiosa colaboración de Carlos Eduardo Vasco, Guillermo Hoyos, Luis Enrique Salcedo, Mario Carretero, Alfonso Claret Zambrano, Severiano Herrera, Esteban Rodríguez y Mario Mejía, quienes leyeron los documentos de borrador e hicieron valiosos aportes por escrito; de Roger Garret, quien además de leer un borrador anterior y comentarlo, compartió con nosotros materiales escritos que contribuyeron decisivamente en la elaboración del cuadro que resume la propuesta de estructura curricular en el área.

Igualmente, agradecemos el interés y colaboración de la Academia Colombiana de Ciencias por sus observaciones y sugerencias, y en especial, al profesor Carlo Federici y a docentes de universidades por sus valiosos aportes a la propuesta de Contenidos Curriculares Básicos propios del área, como también a los docentes de colegios privados y oficiales por sus contribuciones en el establecimiento de los Indicadores de logros curriculares.

Finalmente hacemos un reconocimiento a todos los demás participantes de los tres últimos encuentros nacionales del área, quienes con sus valiosos aportes y comentarios contribuyeron a la estructuración del presente documento.

---

## **Primera Parte - Referentes Teóricos**

### I. Referente Filosófico y Epistemológico

### II. Referente Sociológico

### III. Referente Psico-Cognitivo

---

## **Primera Parte - Referentes Teóricos**

### **I. Referente Filosófico y Epistemológico**

1. El mundo de la vida: punto de partida y de llegada

2. Ciencia y tecnología

---

### **I. Referente Filosófico y Epistemológico**

**1. El mundo de la vida: punto de partida y de llegada**

1.1 El concepto del mundo de la vida de Husserl

## 1. El mundo de la vida: punto de partida y de llegada

### 1.1 El concepto del mundo de la vida de Husserl

Existen dos razones fundamentales para ofrecer una propuesta renovada y revisada del marco general del área de ciencias naturales y educación ambiental, que se ha ampliado con lineamientos curriculares y una explicitación de los logros que subyacen a los indicadores de logros establecidos en la resolución 2343/96. Se inicia con reflexiones en torno al concepto de "mundo de la vida" utilizado por el filósofo Edmund Husserl (1936). La primera es que cualquier cosa que se afirme dentro del contexto de una teoría científica (y algo similar puede decirse de cualquier sistema de valores éticos o estéticos), se refiere, directa o indirectamente, al Mundo de la Vida en cuyo centro está la persona humana. La segunda, y tal vez más importante para el educador, es que el conocimiento que trae el educando a la escuela (que, contrariamente a lo que se asume normalmente, es de una gran riqueza), no es otro que el de su propia perspectiva del mundo; su perspectiva desde su experiencia infantil hecha posible gracias a su cerebro infantil en proceso de maduración y a las formas de interpretar esta experiencia que su cultura le ha legado. Y es que el niño<sup>1</sup>, que llega a nuestras escuelas, al igual que el científico y cualquier otra persona, vive en ese mundo subjetivo y situativo que es el Mundo de la Vida. Y partiendo de él debe construir, con el apoyo y orientación de sus maestros, el conocimiento científico que sólo tiene sentido dentro de este mismo y para el hombre que en él vive.

Antes de continuar con nuestra reflexión, detengámonos en este concepto de Mundo de la Vida de Husserl. El Mundo de la Vida es el mundo que todos compartimos: científicos y no científicos. Es el mundo de las calles con sus gentes, automóviles y buses; el mundo de los almacenes con sus mercancías, sus compradores y vendedores; el mundo de los barrios, las plazas de mercado, los parques, las veredas. El científico, cuando está en su laboratorio o en su estudio investigando acerca de diversos problemas que se relacionan con el Mundo de la Vida, está alejado de éste por la sofisticación de las preguntas que está tratando de responder; cuando está en el laboratorio, o en general en su sitio de trabajo, el científico vive más bien en el mundo de las ideas científicas acerca del Mundo de la Vida. Pero cuando sale de él y va a su casa, o pasea el domingo por el parque con su familia, vuelve al Mundo de la Vida y lo comparte con los transeúntes, con las demás personas que pasean en el parque o que compran en el almacén.

Estos dos mundos se suelen contraponer: el Mundo de la Vida y el mundo de las teorías, de las ideas científicas, de las nuevas hipótesis; en este último sólo pueden habitar los "iniciados": los científicos, los especialistas de alguna área. El Mundo de la Vida es un mundo de perspectivas: cada quien lo ve desde su propia perspectiva, desde su propio punto de vista. Y, como es de esperarse, desde cada una de estas perspectivas la visión que tiene es diferente. En el mundo de la ciencia, los científicos intentan llegar a acuerdos intersubjetivos y para ello deben llegar a consensos. En otras palabras, deben abandonar sus propias perspectivas situándose en diversos puntos de vista que permitan llegar a una síntesis objetiva o mejor, intersubjetiva.

Partimos pues del Mundo de la Vida y, es importante no olvidarlo, volvemos a él desde las teorías científicas. Olvidar ese retorno es eliminar el sentido que tiene el conocimiento científico. Pero, y de aquí la importancia de esta reflexión, a menudo la escuela no solamente olvida el retorno al Mundo de la Vida, sino que lo ignora como origen de todo conocimiento. En efecto, enseñamos geometría, para retomar el ejemplo tan bellamente tratado por Husserl, con una gran preocupación por los conceptos, el rigor en las deducciones y el uso de las definiciones -lo cual es enteramente lícito y deseable-, pero olvidamos que todos los conceptos y los axiomas son descripciones idealizadas, purificadas matemáticamente, de nuestra experiencia cotidiana del espacio físico que nos rodea (la cancha de fútbol o el salón de clases, por ejemplo), en el que nos encontramos las personas y los objetos con los que interactuamos. Los rectángulos geométricos sólo existen en nuestra mente; sólo en ella pueden tener la perfección de ser figuras cerradas formadas por cuatro líneas (que, por definición, no tienen espesor) paralelas de dos en dos y que se cortan formando ángulos rectos. Estos rectángulos no hacen parte del Mundo de la Vida pero nos permiten describir la forma de algunos objetos que en él hay como son las canchas de fútbol y algunos salones de clase. Por otro lado, el rectángulo ideal se construyó en nuestra mente a través de la abstracción de las formas de algunos de los objetos del Mundo de la Vida como son las que hemos mencionado, o también la forma de algunas ventanas, de algunas mesas, etc. Para decirlo en pocas palabras, los rectángulos geométricos son idealizaciones o abstracciones de ciertas formas de algunos objetos que hacen parte del Mundo de la Vida y mediante ellas podemos tener un mejor conocimiento de estos mismos objetos y de otros que se les parecen en la forma. Este olvido es evidente en nuestros estudiantes cuando vemos que han aprendido la ley de Joule y la ley de Ohm pero se sienten perplejos ante una plancha dañada y no pueden hacer cosa diferente a llevarla donde "el técnico"; o cuando vemos que han aprendido los efectos nocivos que pueden tener ciertos compuestos químicos en la salud, pero no toman precauciones cuando consumen frutas o legumbres que han sido fumigadas con estos

compuestos; o cuando han aprendido el ciclo del agua pero siguen cogiendo musgo en diciembre para hacer el pesebre.

Ahora bien, a menudo no solamente olvidamos esta referencia, sino que consideramos que tematizar a la agrimensura – para continuar con nuestro ejemplo– como el origen de la geometría, es algo que carece de importancia. No nos debe extrañar entonces que un alumno memorice la demostración de un teorema y la escriba en un examen sin tener la menor idea de qué fue lo que hizo. Es raro que un profesor inicie la enseñanza de la química estudiando los procesos químicos que se dan al preparar un alimento, al lavarse las manos con jabón o al utilizar algún combustible doméstico (gas, leña o carbón). O que un profesor de física se ocupe de problemas cercanos al Mundo de la Vida como pueden ser el consumo de energía eléctrica en una familia o con preguntas como "¿por qué es más fácil destapar un tarro haciéndole palanca con un cuchillo?" Los niños a menudo memorizan las tres clases de rocas que existen en la naturaleza sin antes hacerse preguntas acerca del paisaje que los rodea y que, después de una discusión bien dirigida, podrían hacer ver en él las "huellas" de una evolución del planeta que le darían un contexto a la formación de las rocas.

Este olvido del Mundo de la Vida que Husserl señala y que aquí hemos ilustrado, ha determinado que las idealizaciones científicas se absoluticen (es decir, que se conviertan en la única forma de ver al mundo) y que el método científico se convierta en la única racionalidad posible. Este "dogma" hará ver a cualquier pregunta por lo bueno o por lo bello como una trivialidad. En otras palabras, lo único importante son los avances científicos; la reflexión sobre las relaciones éticas y morales entre los individuos, o el goce que ellos puedan tener ante una obra de arte, carecen totalmente de importancia. No nos debe extrañar entonces la así llamada crisis de valores que hoy tanto nos preocupa. Esta absolutización nos lleva a sentir que todo debe ser valorado por su importancia científica. Los comerciales son un buen síntoma de ello; la mejor forma de darle importancia a un nuevo detergente es decir que su eficacia está "científicamente comprobada", así estos términos carezcan de significado para la mayoría de las personas.

Husserl ubica en el triunfo de esa admirable construcción que es la ciencia positiva, el origen y la razón de ese olvido. Llama entonces a Galileo descubridor y encubridor. Descubridor de esa ciencia moderna que ha logrado expresar en fórmulas numéricas las leyes de la naturaleza (en otras palabras, expresar las leyes causales en términos de relaciones funcionales) y encubridor de sus orígenes en el sentido de que deja de lado el suelo primigenio en el que se fundamentan todas las idealizaciones<sup>2</sup> (cuando, en forma poco rigurosa, decimos que "Fuerza es igual a masa por aceleración" nos estamos refiriendo a una de estas idealizaciones). Este suelo no es otro que el de la experiencia cotidiana, el de la experiencia que los estudiantes pueden tener cuando hacen deporte, cuando llevan sus libros en el camino a sus casas, cuando mezclan azúcar y agua para hacer limonada o cuando disuelven la panela o el chocolate en agua caliente para preparar el desayuno.

Este descuido funesto, como lo llama Husserl, determinó que se pensara en la geometría (y en general en las matemáticas), en las leyes de la ciencia y, lo que tal vez es más grave, en el método científico, como verdades absolutas que, como tales, se pueden aplicar sin más.

Con una perspectiva de la ciencia como ésta, carece totalmente de sentido cualquier reflexión filosófica. En efecto, la pregunta por el sentido de la ciencia y de nuestros actos no tiene cabida en un mundo regido por los "dogmas" absolutos del método científico y las verdades mediante él "descubiertas". Tampoco es de extrañarse entonces de que exista una escisión tan dramática entre la filosofía y las ciencias en el medio escolar: generalmente el alumno que "es bueno" para matemáticas y ciencias, "no es bueno" para filosofía y vice-versa; los profesores de ciencias y matemáticas se sienten lejanos de cualquier reflexión filosófica o estética (probablemente el profesor de ciencias diría "especulaciones" en tono despectivo en lugar de decir reflexión) y consideran que la formación de valores en los estudiantes es un problema del profesor de religión, sin darse cuenta de que la ética es fundamentalmente comunicación entre todos los individuos que hacen parte de un grupo social.

Pero tal vez uno de los efectos más funestos de este olvido es de naturaleza pedagógica: ignorar la génesis del conocimiento y aceptarlo como indiscutiblemente verdadero en razón del método que permitió descubrirlo, hace ver como natural el supuesto, nunca explícito, de que la misión del profesor debe ser "transmitir" esta verdad a las nuevas generaciones quienes la deben aprehender lo mejor que puedan. Pero la verdad científica no es aprehensible ni revelable. El ser humano, por su naturaleza misma, sólo puede reconstruir esa verdad partiendo, tal como lo hace el científico, de su propia perspectiva del mundo; en otras palabras, situado en el Mundo de la Vida.

En efecto, el científico construye las hipótesis (que pueden convertirse en leyes) desde su experiencia individual y a través de la comunicación con los interlocutores de su comunidad científica, superando la opinión individual y llegando a consensos en un "juego" en el que se apuesta a las verdades, en el que sólo participan las buenas razones y en el que sólo ganan los mejores argumentos. Y desde esta posición, las verdades absolutas no pueden ser sino quimeras. Desde esta posición, la verdad es concebida como un concepto límite en pos del cual siempre nos dirigimos sin creer que algún día llegaremos a traspasarlo. En otras palabras, podemos decir que vamos en busca de la verdad sin que ello signifique que algún día seremos dueños de la verdad absoluta. Más adelante citaremos y comentaremos la proposición de Popper que afirma que en la ciencia, por cada puerta que se cierra, se abren diez: cuando en una investigación nos damos a la tarea de contestar una pregunta, en el camino nos surgen muchas otras para las cuales es necesario también emprender

otras investigaciones.

Pero es importante señalar desde el principio, para evitar cualquier malentendido, que nuestra referencia a Husserl no conlleva un rechazo a la ciencia positiva o a su método o a uno de sus resultados más valiosos como es la posibilidad de matematizar las relaciones causales mediante las cuales damos un "orden racional" a nuestro mundo. Y mucho menos hay que pensar que Husserl siente un rechazo de esta naturaleza hacia la ciencia moderna cuyo artífice más destacado es sin duda Galileo. Husserl dice que la ciencia matemática de la naturaleza es una técnica maravillosa que le permite al hombre hacer predicciones sorprendentes acerca del mundo que lo rodea. Dice además que esta creación, la ciencia moderna, es un triunfo del espíritu humano (1935). No se trata pues, repetimos, de rechazar esta magnífica obra sino de resaltar su carácter de construcción humana que, precisamente por ser humana, es necesario constituir la en tema de reflexión tal como se hace con cualquier otro tipo de acción humana importante. Si olvidamos esta reflexión estamos olvidando al hombre de ciencia: olvidamos al sujeto protagonista de esta magnífica obra. Al olvidar este carácter humano de la ciencia, se le atribuye falsamente una especie de carácter divino y se la entroniza como una verdad irrefutable a la cual nos debemos someter y ante la cual debemos renunciar a todo intento de crítica.

Se trata, además, de resaltar este carácter de construcción humana de la ciencia con la intención de mostrar que al reconocerla de esta forma, tenemos que aceptar la necesidad de concebir de una forma diferente la enseñanza de las ciencias: no se trata de transmitir verdades inmutables, sino de darle al estudiante la posibilidad de ver que su perspectiva del mundo no es el mundo, sino una perspectiva de él. Y una entre las muchas posibles. Enseñar ciencias debe ser darle al estudiante la oportunidad de establecer un diálogo racional entre su propia perspectiva y las demás con el fin de entender de mejor manera el mundo en que vive. La perspectiva del estudiante debe ser contrapuesta con otras posibles de forma tal que le permitan descentrarse al situarse en otras perspectivas entendibles para él y vea desde ellas la relatividad de sus convencimientos en busca de un conocimiento más objetivo o, lo que es equivalente, un conocimiento más intersubjetivo.

Pero como lo señalamos ya en las primeras líneas, la perspectiva del educando es la que le permite su cerebro infantil en proceso de maduración y de estructuración cognitiva en el contexto de su cultura. En este sentido el niño es cualitativamente diferente del científico quien cuenta con su cerebro plenamente formado y con una historia intelectual que le ha permitido situarse en diversas perspectivas para llegar a una síntesis que él sabe, no es definitiva. Este aspecto debe ser tenido en cuenta cuando el maestro diseña su plan de actividades que le permitan alcanzar un objetivo social predeterminado.

El maestro que se preocupa por profundizar en el aprendizaje y el desarrollo humanos, intenta buscar una respuesta a la necesidad de saber quién es ese estudiante que llega a nuestras escuelas, y cuál es su perspectiva del Mundo de la Vida.

---

<sup>1</sup> Utilizamos "niño" en sentido genérico; nos referimos también, obviamente, a las niñas. Simplemente nos acogemos, en éste y en todos los casos similares, a las reglas del castellano. En particular, señalamos que cuando hablamos del educando, el estudiante, el alumno, el hombre, el científico, los jóvenes, los maestros, el profesor, los tecnólogos, estamos refiriéndonos también a las científicas, las maestras y las tecnólogas, en otras palabras, nos referimos sin exclusión a ambos sexos.

<sup>2</sup> El darle un nuevo sentido al laboratorio de ciencias, tal como se propone en este documento, se apoya en parte en la intención de recuperar este fundamento de las idealizaciones científicas.

---

## **1. El mundo de la vida: punto de partida y de llegada**

### **1.2 El sentido del área de ciencias naturales y educación ambiental en el Mundo de la Vida**

El mundo, tal como hoy lo concebimos, es el producto de largos procesos evolutivos que han sido reconstruidos en la mente del ser humano gracias a su imaginación combinada con la experimentación y la observación cuidadosa. La imaginación crea las nuevas teorías que modelan los procesos; la experimentación y la observación buscan el sustento empírico que ellas necesitan para ser incorporadas al conocimiento científico. En el caso de no encontrar este respaldo, las nuevas teorías se dejan de lado o se modifican para seguir con la tarea de construir teorías respaldadas empíricamente que nos den cuenta de esos procesos que tienen lugar en el mundo que nos rodea.



Según las teorías actuales más aceptadas, todos estos procesos han dado lugar a diversos niveles de estructuración de la energía que pueden ser organizados jerárquicamente en una especie de "árbol evolutivo" en el que todas las ramificaciones tienen un mismo punto de origen: el Big Bang. Según algunas reconstrucciones teóricas, este "primer momento del proceso" (en castellano podríamos llamarlo "La gran explosión"), que dio origen a todo, tuvo lugar hace unos quince mil millones de años. Sobre el instante mismo en que se inició no hay claridad. Las teorías sólo se aventuran a hablar a partir de una pequeñísima fracción de un segundo después de iniciado. En ese momento el universo empezaba a expandirse en una explosión, "no como las que nos son familiares en la tierra que se originan en un centro definido y se extienden hacia afuera cubriendo más y más el aire que rodea ese centro, sino una explosión que ocurrió simultáneamente en todas partes, llenando todo el espacio desde el principio y en la que cada partícula se aleja en forma violenta de todas las demás "(Steven,1988) La temperatura del universo era de un millón quinientos mil millones de grados Kelvin y éste contendría, según esta reconstrucción imaginaria respaldada por diversos tipos de datos obtenidos por los telescopios y radio-telescopios, grandes cantidades de partículas elementales denominadas "mesones pi". La temperatura fue descendiendo, primero en forma drástica (después del primer segundo baja de un millón quinientos mil millones a trescientos millones de grados Kelvin) y después paulatinamente. Durante setecientos mil años la temperatura va bajando de trescientos millones de grados Kelvin a una temperatura en la que las partículas elementales se configuran en núcleos y electrones que a su vez conforman los primeros átomos estables que fueron, y son en su inmensa mayoría, de helio (7%) e hidrógeno (casi todo el resto).

Macroscópicamente, hace trece mil quinientos millones de años, se da otro proceso importante: la formación de galaxias. Mil seiscientos millones de años después de las primeras galaxias empiezan a formarse las primeras estrellas. Siete mil trescientos millones de años después de que se formaron estas primeras estrellas, en otras palabras, hace cuatro mil seiscientos millones de años, se formaron los primeros planetas. Nuestro planeta Tierra, por ejemplo, se formó hace unos cuatro mil quinientos millones de años.

En este planeta, y a diferencia del resto del universo en donde la gran mayoría de la materia está compuesta por los átomos más simples, diversos procesos evolutivos, que aún no están bien explicados, dieron origen a átomos mucho más complejos. Veamos. El hidrógeno, que representa el mayor porcentaje de la materia del universo, en su núcleo tiene un protón y un neutrón alrededor del cual gravita un electrón. El helio, que sigue al hidrógeno en complejidad y porcentaje de materia que representa, aunque este porcentaje es mucho menor, en su núcleo tiene dos protones y dos neutrones alrededor del cual gravitan dos electrones. En la tierra, por el contrario, además del hidrógeno y el helio, existen otros 90 elementos naturales que van incrementando su nivel de complejidad hasta llegar al más complejo de todos (y, en consecuencia, el más pesado): el uranio<sup>3</sup>. Los átomos de uranio tienen en su núcleo 92 protones y entre 135 y 138 neutrones.

Entre estos átomos se dan interacciones gracias a los electrones residuales que se redistribuyen alrededor de dos o más átomos. La atracción eléctrica causada por la redistribución de los electrones causa la adhesión entre átomos para formar moléculas. Además de los procesos físicos que hemos descrito, se inicia entonces un nuevo tipo de procesos: los procesos químicos. Éstos tienen como resultado moléculas cada vez más complejas, y, en consecuencia, de mayor tamaño.

Estos procesos químicos evolucionaron; las moléculas que se formaron fueron de un tamaño cada vez mayor y varias de ellas se integraron para formar entidades cada vez más complejas. Átomos y moléculas de metano, hidrógeno, amoníaco y vapor de agua se constituyeron en una especie de "caldo" sobre el que se producían las grandes descargas eléctricas de las tormentas que se formaban en la atmósfera de la tierra primitiva y dieron así origen a lo que hoy llamamos moléculas orgánicas. En efecto, estas descargas proveían la energía necesaria para conformar esas grandes moléculas que constituyen lo que podría llamarse unidades moleculares prebiológicas. Lo que pudo haber sucedido después para que surgieran las primeras moléculas capaces de autorreproducirse (que es una propiedad que parecen tener todos los seres vivientes) no es claro. Lo que todavía se acepta como cierto, es que hace tres mil millones de años este proceso evolutivo tuvo como resultado un nuevo tipo de procesos: los procesos biológicos. En efecto, estas moléculas que se integran, mediante ese mecanismo todavía desconocido, en formas sumamente complejas, nos hacen decir que se trata de procesos cualitativamente diferentes y, para referirnos a ellos, utilizamos una nueva palabra: la vida. Tenemos pues que hace tres mil millones de años entidades organizadas de tamaño microscópico se reproducían y se extendían por el "joven" planeta de mil quinientos millones de años.

Mil millones de años después, es decir, hace unos dos mil millones de años, el planeta se rodea de una capa de gases rica en oxígeno. En efecto, estos seres microscópicos que poblaron la tierra, precursores de las plantas verdes, mediante procesos de fotosíntesis, produjeron durante esos mil millones de años grandes cantidades de oxígeno lo cual cambió la composición química de la atmósfera. El cambio más importante, sin duda, es la formación de la capa de ozono (oxígeno en forma molecular triatómica); esta capa impedía el paso de los rayos ultravioleta del sol lo cual posibilitaba la vida de organismos de mayor tamaño.

Hace mil millones de años surgieron entonces diversas formas de vida macroscópica. Algunas de estas formas de vida dieron origen a las plantas terrestres hace cuatrocientos cincuenta millones de años. Otras dieron origen a los peces primitivos hace cuatrocientos millones de años. Los helechos y las coníferas aparecieron hace trescientos y doscientos

cincuenta millones de años respectivamente. Los reptiles se formaron cincuenta millones de años más tarde que las coníferas. Los primeros mamíferos surgieron hace cincuenta millones de años (diez millones de años después de que desaparecieron los dinosaurios). El Homo Sapiens hace su aparición en el planeta hace sólo tres o tres y medio millones de años.

El Homo Sapiens, uno de los muchos millones de especies biológicas que surgieron de estos primeros organismos microscópicos vivos, evolucionó en una dirección que lo llevó a un nuevo tipo de procesos evolutivos: los procesos culturales. En efecto, la especie de homínidos, en un período de tres millones de años, fue pasando de ser una especie biológica sencilla y llanamente a ser una especie bio-cultural. Ese "ser cultural" probablemente tenga su origen en el cambio de dieta del Homo Sapiens: de una dieta vegetal pasó a una omnívora en la que el consumo de carne adquirió cada vez más importancia. Era entonces necesario el uso de instrumentos para abatir las presas, despellejarlas y comerlas, pues no contaban con las garras y colmillos propios de los animales carnívoros. Si la especie no hubiera sido capaz de perfeccionar las técnicas de caza, de producción de hachas y cuchillos y de transmitir a las generaciones siguientes los conocimientos adquiridos, no hubiera sido posible que hoy, alrededor de quince mil millones de años después del primer segundo del universo, la especie humana estuviera reconstruyendo su propia historia que se confunde con la del universo.

Esta capacidad de producir conocimientos, perfeccionarlos continuamente, y desarrollar técnicas para transmitirlos a las generaciones nuevas, le ha permitido al hombre tener un extraordinario control de los procesos físicos, químicos y biológicos del universo. Después de un período de gran optimismo acerca de esta facultad para controlar su entorno, el ser humano es cada día más consciente de sus limitaciones. Empieza a darse cuenta de que los cambios que es capaz de introducir sobre el planeta Tierra, gracias a su ciencia y su tecnología, pueden alterar el delicado equilibrio que hace posible que exista aquello tan improbable que denominamos "vida". Se empieza a dar cuenta de los daños, a veces irreparables, que él ha causado sobre ese magnífico producto, siempre dinámico, de intrincados y complejos procesos evolutivos como es la vida. La conciencia de la necesidad de una ética ambiental, que era ya clara en la mayoría de las culturas precolombinas, es hoy en día sentida por un sector cada vez más amplio de las culturas humanas.

Hace mil millones de años surgieron entonces diversas formas de vida macroscópica. Algunas de estas formas de vida dieron origen a las plantas terrestres hace cuatrocientos cincuenta millones de años.

El sentido del área de ciencias naturales y educación ambiental es precisamente el de ofrecerle a los estudiantes colombianos la posibilidad de conocer los procesos físicos, químicos y biológicos y su relación con los procesos culturales, en especial aquellos que tienen la capacidad de afectar el carácter armónico del ambiente. Este conocimiento debe darse en el estudiante en forma tal que pueda entender los procesos evolutivos que hicieron posible que hoy existamos como especie cultural y de apropiarse de ese acervo de conocimientos que le permiten ejercer un control sobre su entorno, siempre acompañado por una actitud de humildad que le haga ser consciente siempre de sus grandes limitaciones y de los peligros que un ejercicio irresponsable de este poder sobre la naturaleza puede tener.

---

<sup>3</sup> Se han podido crear en el laboratorio elementos químicos más pesados que el uranio (elementos transuránicos), lo cual hace pensar que no sería extraño encontrar trazas de dichos elementos en la Tierra o en otros cuerpos del universo.

---

## I. Referente Filosófico y Epistemológico

### 2. Ciencia y tecnología

#### 2.1 Conocimiento común, científico y tecnológico

#### 2.2 Ciencia, tecnología y practicidad

#### 2.3 Naturaleza de la ciencia

---

## 2. Ciencia y tecnología

### 2.1 Conocimiento común, científico y tecnológico

#### Algunos supuestos de base

**\*El conocimiento común, la ciencia y la tecnología, son formas del conocimiento humano que comparten propiedades esenciales, pero se diferencian unos de otros por sus intereses y por la forma como se construyen.**

Es común ver la ciencia y la tecnología como actividades que sólo unos privilegiados puedan llevar a cabo; hay una gran cantidad de estereotipos y creencias en ese sentido, pero son totalmente infundadas; en efecto, contrariamente a lo que en ocasiones se cree, ellas son tan propias del ser humano como pueden ser el arte o la agricultura.

A través de la historia, las sociedades de seres humanos han desarrollado una gran cantidad de conceptos y de ideas válidas (es decir, acordes con una cierta realidad) acerca del mundo físico, biológico, psíquico y social. Gracias a las estrechas relaciones lógicas entre ellos existentes, han conformado verdaderos sistemas de conocimiento llamados teorías, que le han brindado al hombre, a través de generaciones, la oportunidad de entender cada vez mejor la especie humana y el entorno en el que ella habita. El método de construcción de esta “red” de ideas y conceptos, ha involucrado siempre a la observación cuidadosa, al pensamiento ordenado y disciplinado, a la imaginación, a la experimentación, a la crítica y la tolerancia a ella y, ante todo, a la honestidad, la humildad y el amor por la verdad.

Pero todos estos sistemas de conocimiento se han ido construyendo sobre la base del conocimiento que comúnmente se tiene acerca de un determinado sector de la realidad. Ese conocimiento común es sometido a la disciplina y el rigor propios de los científicos, que a su vez han ido refinándose gracias a la actividad misma de la comunidad científica. Esta disciplina, o como la hemos llamado, método de construcción, le da al conocimiento científico ciertas propiedades que lo diferencian del conocimiento común y que en ocasiones lo hacen ver como inalcanzable. Pero son, en esencia, el mismo fenómeno humano; es decir, la ciencia y la tecnología son actividades humanas y quienes se dedican a ellas no son necesariamente seres privilegiados.

Existen diversos tipos de conocimiento. El primero que mencionaremos recibe habitualmente el nombre de conocimiento común u ordinario que construye el hombre como actor en el Mundo de la Vida. El segundo se conoce bajo el nombre de conocimiento científico y el tercero bajo el de conocimiento tecnológico.

Todos ellos comparten rasgos fundamentales. El primer rasgo común es que todo conocimiento (el común, el científico y el tecnológico) implica la existencia de una representación mental de aquello que es conocido; esta representación puede ser lingüística o pictórica (en términos de imágenes), kinestésica (en términos de movimientos), auditiva o cualquier otra forma de representación debida a uno de los sentidos o a una combinación entre ellos. El segundo es que toda forma de conocimiento sólo se hace posible dentro de un contexto social. El tercero y último que señalaremos es que todo conocimiento tiene un valor adaptativo al mundo físico o socio-cultural e individual. Al lado de estas características comunes, cada una de estas formas de conocimiento posee otras específicas que las distinguen de las demás.

Hay propiedades que distinguen al conocimiento científico y al tecnológico del común. La primera y más importante es la intención teórica del científico y del tecnólogo. Todo científico o tecnólogo intenta hacer teorías de gran generalidad acerca de lo que quiere conocer; cuanto más general sea una teoría, más importancia tendrá dentro del contexto de la comunidad de científicos dedicados a esa área de conocimiento. El conocimiento común, por el contrario, no se preocupa por la construcción de teorías que vinculen hechos y procesos aparentemente sin ninguna relación. El conocimiento del hecho o del proceso mismo es ya satisfactorio. Para alguien que no hace ciencia, saber que el exceso de sol produce cáncer en la piel es suficiente en la mayoría de los casos. Probablemente algunos pregunten por qué los rayos solares producen cáncer; pero cuando se les responda aludiendo a los rayos ultravioleta y su efecto en los núcleos de las células de la piel, esta respuesta parecerá satisfactoria en la gran mayoría de los casos. El científico y el tecnólogo, en cambio, reaccionan en forma muy diferente. Preguntarán por qué los rayos ultravioleta afectan como lo hacen los núcleos de las células; se preguntarán por la relación de estos efectos con las funciones del sistema inmunológico; dudarán si realmente son los rayos ultravioleta los que causan estos efectos o si será algún otro fenómeno ligado a estos rayos; tratarán de vincular este tipo de cáncer con otros; tratarán de acoger la relación entre rayos ultravioleta y cáncer de la piel dentro de una teoría que dé cuenta de todas las otras formas de cáncer; tratarán de extraer algún principio para la curación de este tipo de cáncer y la de cualquier otro. En pocas palabras, el conocimiento de algo nuevo no satisface enteramente la curiosidad del científico o del tecnólogo sino que, por el contrario, les plantea muchísimos nuevos problemas que sólo se resolverán con la construcción de una gran teoría capaz de explicar la relación entre los fenómenos en cuestión y muchas otras relaciones conocidas y otras que se pondrán en evidencia gracias a la construcción de la teoría misma. En el supuesto “por cada puerta que se cierra, se abren diez”, señalaremos

esta característica del quehacer científico.

Una segunda diferencia que existe entre el conocimiento común, el conocimiento científico y el conocimiento tecnológico es la importancia que tiene para los dos últimos, la actividad dentro de un grupo. Todo conocimiento se ve influido y "tiene vida" dentro de un grupo social; pero el conocimiento científico y el tecnológico son eminentemente productos de un proceso de producción social; no puede existir conocimiento científico o tecno-lógico sin la investigación, la discusión, y en algún momento, el consenso en torno a las mejores razones, los mejores conceptos y los mejores desarrollos técnicos dentro del contexto de una comunidad llamada comúnmente "comunidad científico-tecnológica", interesada por una determinada área del saber. El conocimiento científico o tecnológico adquiere su carácter de tal cuando se produce dentro de esta comunidad y "circula" en ese contexto. Se trata de un producto social que debe ser legitimado por el sistema que lo produce, para lo cual debe ser sometido a un proceso muy bien determinado, muy exigente, y aceptado universalmente por los miembros del sistema social en cuestión.

El conocimiento común no sigue un proceso de esta naturaleza para ser legitimado. Sigue un proceso que depende en gran medida de los individuos mismos que lo aceptan como válido y, en una pequeña parte, del medio socio-cultural en el cual ellos se encuentran inscritos. Otro elemento importante es que muy pocos de los que aceptan este conocimiento como válido son conscientes de que es necesario agotar un proceso para poder legitimar un conocimiento; incluso la mayoría aceptarán un determinado conocimiento como válido sencillamente porque otros lo han aceptado.

Podríamos decir entonces que el conocimiento científico y el tecnológico son productos sociales en tanto que el conocimiento común es más un acontecimiento individual. El conocimiento científico y el tecnológico como productos de una actividad humana, tienen referentes tangibles en las bibliotecas y las hemerotecas; también en los aparatos y los procedimientos para resolver problemas; estos productos "circulan" entre los miembros de la comunidad en forma sistemática a través de las diversas formas escritas (revistas, libros, correspondencia personal) y mediante el contacto personal en los seminarios, simposios, congresos, etc. Estos productos deben entenderse siempre como productos parciales y provisionales y en continuo cambio. De hecho, al mismo tiempo que circulan entre los miembros de la comunidad, se modifican, se perfeccionan. En cuanto al conocimiento común no podemos decir que no posea referentes tangibles o que no "circule" entre quienes lo comparten. Pero ni los productos son tan claros y propios de este tipo de conocimiento, ni su "circulación" es sistemática e institucional. Pero lo que es mucho más importante, el conocimiento común no se perfecciona en forma continua gracias a una voluntad explícita como en el caso del conocimiento científico y el tecnológico. Podría decirse incluso, que la razón de ser de una comunidad científica o tecnológica es precisamente cumplir con la misión de perfeccionar en forma continua su producto.

**\*La ciencia y la tecnología se fundamentan en principios y supuestos explícitos en tanto que el conocimiento común no requiere de este tipo de fundamentos.**

Los científicos y tecnólogos comparten una buena cantidad de actitudes y creencias con respecto a la naturaleza del mundo y lo que se puede saber de él. Los científicos presuponen que las cosas y los eventos del mundo ocurren de manera tal que un estudio cuidadoso, sistemático e imaginativo de su acontecer permitirá identificar patrones fijos de comportamiento que vuelven al mundo comprensible y explorable. Este supuesto de que el mundo es ordenable es el que fundamenta la actividad de todo científico y permite darle sentido, para utilizar palabras de Popper, su "búsqueda sin término".

Asume también que el universo es un sólo sistema regido en su totalidad por reglas. La ciencia no es otra cosa que el proceso de producción de conocimiento, siempre perfectible, de estas reglas. Su conocimiento faculta al hombre (aunque no es condición necesaria) para cambiar o anticiparse al rumbo de los acontecimientos en un determinado sector del universo. Esta capacidad de cambiar el mundo o acomodarse a él es lo que caracteriza a la tecnología. Es posible conocer la forma de cambiar el entorno o acomodarse a él sin conocer las reglas que lo rigen; la navegación marítima se conoció mucho antes de que Arquímedes construyera una teoría que explica cómo un cuerpo puede flotar en un fluido. Pero cada vez esto es menos frecuente. La relación de interdependencia entre ciencia y tecnología es cada vez más estrecha. La ingeniería es una buena muestra de ello. Entendida como la construcción de problemas y el diseño de soluciones para ellos, se puede ver como un puente de intercambio entre ciencia y tecnología.

**\*El conocimiento científico y el tecnológico no tendrían razón si no tuvieran entre sus objetivos la búsqueda de respuestas que conllevan al mejoramiento de la calidad de vida<sup>4</sup>.**

Las ciencias naturales y la educación ambiental aportan a la comprensión de los fenómenos que ocurren en la realidad. La salud es la resultante de la interacción de factores multi-causales.

La salud es una necesidad vital para vivir dignamente desde que se nace hasta que se muere y por tanto requiere de una permanente búsqueda y de un análisis crítico del quehacer cotidiano.

El concepto de salud-enfermedad se ha desarrollado según diferentes contextos socio-culturales con una cosmovisión particular respecto a la vida, a la sociedad, a la naturaleza y ha sido influenciada a través de los siglos en las distintas regiones por particulares características ideológicas, religiosas, políticas, históricas, económicas y étnicas de cada país o región.

Esta mirada de la salud y la enfermedad, la apreciación del cuerpo y de la vida, en cada momento y en cada sitio, está íntimamente ligada a la forma de ver el universo y de ubicarnos en él. La concepción de la salud debe involucrar una visión integral del cuerpo y su entorno, no es posible separar o mirar aisladamente cada parte u órgano del cuerpo o deslindar lo físico de lo mental. El entorno, las relaciones con las demás personas y con el medio ambiente, son inseparables de lo que ocurre en el ser humano.

La visión integral de la vida entiende que cada parte repercute en el todo y viceversa, es la comprensión del ser humano como un microcosmos, en el sentido que en él se reflejan o manifiestan todas las cosas del universo, de ahí que los cambios que ocurren en el universo inciden en el organismo vivo y los cambios de éste inciden en algún grado sobre el universo.

Sólo bajo una concepción holística de la vida, será posible una concepción integral de la salud, entendiendo que la salud depende de muchos factores entre ellos la vivienda, la nutrición, las condiciones de trabajo, la recreación, el deporte, el ejercicio de la libertad, el respeto por los demás, el cuidado de la naturaleza, buscando la armonía con el entorno.

Una visión holística es una visión totalizante de la vida, más amplia que la visión reduccionista y positivista de una medicina para la cual sólo la enfermedad constituya su objetivo.

---

<sup>4</sup> Este supuesto y su explicitación han sido formulados con la participación del Ministerio de Salud, división de recursos humanos.

---

## 2. Ciencia y tecnología

### 2.2 Ciencia, tecnología y practicidad

**\*La diferencia entre ciencia y tecnología se encuentra en las perspectivas de aplicación de los conocimientos a la solución de problemas prácticos.**

Es de gran importancia insistir sobre el hecho de que el tecnólogo se interesa también por las causas de los fenómenos y en consecuencia participa de la intención teórica. La diferencia se encuentra en el énfasis particular que el tecnólogo hace sobre los desarrollos técnicos que de la teoría se puedan derivar para resolver problemas humanos. El tecnólogo tendrá siempre en mente el logro de aquellas aplicaciones que del conocimiento se puedan extraer para satisfacer necesidades o deseos que dentro de un contexto socio-cultural se dan entre los seres humanos. Es pues importante dejar claro que la distinción que hacemos entre ciencia y tecnología no se hace en términos de la actividad cerebral en el mundo de las ideas (del científico) y la actividad manual en el mundo de los objetos (del tecnólogo) tan común en tantos medios.

**\*Existe una clara diferencia entre tecnología y practicidad.**

Es común encontrar que cuando se habla de un tecnólogo se piense en una persona de un rango inferior al de un científico, que sabe utilizar o construir aparatos que son posibles gracias a los desarrollos científicos. En esta forma de entender al tecnólogo va implícita una forma de entender la relación entre ciencia y tecnología que actualmente es difícil de mantener. La ciencia sería una actividad creativa en la que se “descubren” nuevos principios, nuevas leyes o nuevos fenómenos por el amor mismo al conocimiento. La tecnología sería una actividad que tendría como finalidad hallar alguna aplicación de los hallazgos hechos en la ciencia a la solución de problemas prácticos. Hoy en día esta distinción ha sido invalidada por muchas experiencias; en efecto, son muchos los casos en que de la búsqueda de una solución a un problema práctico resultan nuevos principios científicos importantes o los casos en que la aplicación de un nuevo principio introduce cambios en la economía, en la producción de bienes o de servicios, en los oficios o puestos de trabajo que crean nuevas necesidades y nuevos problemas. Como lo hemos dicho ya, la única diferencia que existe entre tecnólogo y científico es el interés práctico del tecnólogo.

Existe sin embargo un cierto estado de cosas que mantiene esta distinción errónea entre tecnólogo y científico. En efecto, muchas veces se da el caso de personas que conocen el funcionamiento de un aparato sin que entiendan la racionalidad con la que éste fue creado y construido, y en ocasiones incluso, ni siquiera conocen la forma como éste funciona. Pero para designar a una persona que se encuentre en este caso, tal vez sea mucho más adecuado hablar de un práctico; es decir, alguien que tiene la experiencia en la utilización de un desarrollo tecnológico pero que no tiene la comprensión de los principios que lo rigen.

El análisis de una pequeña anécdota puede ser ilustrativo de la distinción entre científico, tecnólogo y práctico. Un cultivador en una ocasión perdió el "pilón" de su balanza romana. Alguien le sugirió que adaptara una de las masas (de 5 kg) de otra balanza. El cultivador sonrió y dijo con tolerancia que esto era imposible: "la romana sólo pesa con el pilón propio". El cultivador es un práctico en el uso de la balanza romana. Gracias a la experiencia puede comerciar con sus productos utilizando la romana en condiciones normales. Pero cuando existe alguna anomalía se siente incapaz de ver otra alternativa que la de retornar a estas condiciones de normalidad. El tecnólogo hubiera podido actuar en forma totalmente diferente. Gracias al conocimiento de los principios físicos en los que se encuentra fundamentada la balanza romana, no hubiera tenido ningún problema en implementar la solución de adaptar una masa de otra balanza; conociendo su masa (o su peso) podía establecer una nueva escala para la romana sin ningún problema midiendo la distancia a la que era necesario poner el producto pesado para equilibrar la romana. El científico hubiera actuado en forma idéntica al tecnólogo. La única forma de distinguirlos hubiera sido preguntarles acerca de sus intereses profesionales.

---

## 2. Ciencia y tecnología

### 2.3 Naturaleza de la ciencia

**\*La ciencia es un juego que nunca termina, en el que la regla más importante dice que quien crea que algún día se acaba, sale del juego<sup>5</sup>.**

La ciencia es ante todo un sistema inacabado en permanente construcción y destrucción: se construyen nuevas teorías en detrimento de las anteriores que no pueden competir en poder explicativo. Con las nuevas teorías nacen nuevos conceptos y surgen nuevas realidades y las viejas entran a hacer parte del mundo de las "antiguas creencias" que, en ocasiones, se conciben como fantasías pueriles.

Estas nuevas realidades no se refieren, desde luego, a los datos perceptuales como tales. Hace varios miles de años el cielo en la noche tenía aproximadamente la misma apariencia que tiene hoy, pero las retinas de nuestros ancestros eran afectadas por lo que hoy llamamos "ondas electromagnéticas", de la misma forma como son afectadas las nuestras, al mirar hacia el cielo en una noche estrellada. La realidad de nuestros ancestros remotos era bien diferente: lo que ellos observaban eran las hogueras de los nómadas de la inmensidad, que en la noche, al igual que ellos, dormían alrededor del fuego protector. Poco después, esos mismos datos perceptuales eran pequeños huecos en la gran bóveda celeste que dejaban pasar la luz inmensa de Dios. Luego fueron inmensas bolas de fuego suspendidas de las grandes esferas de cristal que conformaban un sistema concéntrico del cual la Tierra era el centro. Más tarde fueron grandes masas incandescentes que gravitaban según las leyes de Kepler. Hoy son la luz de sistemas solares muy lejanos que siguen alejándose continuamente a velocidades extraordinarias; algunos de ellos extintos hace muchos millones de años. En este sentido, podría decirse incluso que lo que observamos es el pasado de tales estrellas.

Probablemente uno de los grandes problemas de nuestros programas curriculares sea la falta de perspectiva histórica que nos permita relativizar sanamente la concepción de realidad y la de verdad. Cuando se piensa en la verdad como absoluta o en la realidad como algo independiente de la comunidad científica que la concibe, estamos asumiendo que el juego de la ciencia se ha acabado: ya lo conocemos todo.

Pero, creemos, la realidad es una representación de lo real mediante un modelo (o una metáfora). Cuando decimos que el átomo es como un sistema solar en miniatura, estamos estableciendo una analogía en la que el núcleo juega el papel de sol y los electrones juegan el papel de planetas. En esta modelación del átomo partimos del supuesto de que conocemos bien la estructura y el funcionamiento del sistema solar (por lo menos en cuanto a los movimientos gravitatorios, con los cuales se pueden comparar los de los electrones) y pretendemos extraer buenos beneficios de este conocimiento aproximándonos a algo desconocido pero de lo cual suponemos que es "semejante", como es el átomo en el ejemplo que hemos escogido. Quien entiende un modelo o una metáfora entiende que esta semejanza es

muy relativa y que hay que saber interpretarla: cuando se habla del átomo como sistema solar muy pequeño, quien entiende el modelo no preguntará por los satélites de los electrones, ni si en uno de ellos hay atmósfera y vida.

El estudiante normalmente cree que la realidad es como se dice en los libros que es. Pocas veces el estudiante es consciente de que lo que estudia en los libros son diversos modelos que algún día pueden ser superados por otros. Mucho menos es consciente de que esos modelos son construcciones sociales (culturales) en las que él algún día puede participar.

Los modelos no sólo son una forma de expresar una realidad dada, sino que también permiten ampliar los horizontes de esa realidad. Un ejemplo sencillo y apasionante es la tabla periódica de Mendeleiev. Esta tabla es un modelo que organiza los elementos y sus propiedades conocidas. Pero además predice la existencia de otros, hasta el momento no conocidos, y señala errores de observación para algunos elementos que ya se habían descrito. Las realidades químicas antes y después de la tabla de Mendeleiev son muy diferentes.

Pero la tabla periódica que hoy conocemos no es la que Mendeleiev presentó ante su comunidad científica. Esta tabla, como todos los modelos, ha evolucionado. Por otro lado, ella muy probablemente no hubiera podido existir si no hubiera habido los intentos anteriores en el mismo sentido de Dobereiner y de Newlands. Estos intentos con seguridad, contribuyeron para que se diera algo muy común en la ciencia y es que dos científicos (Mendeleiev y Meyer), en forma independiente, llegaron a modelos realmente muy similares.

Esta “estrategia” del científico para entender la realidad no es exclusiva; todo ser humano la utiliza en forma natural. En la vida cotidiana tenemos inmensas cantidades de modelos o de metáforas que nos permiten concebir una realidad. Siempre que hablamos del tiempo, por ejemplo, lo hacemos con metáforas espaciales. Decimos “fue una ceremonia muy larga” para referirnos a la entrega de diplomas de un grupo grande de graduandos cuya duración fue grande; diferenciamos “las vacaciones largas” de las “cortas” para referirnos a períodos de descanso de diferente duración. Decimos que “en invierno corre un viento helado”; que “el sol se levanta por el oriente y se acuesta por el occidente”, que “la enredadera se abraza al árbol”, etc.

Una sugerencia metodológica importante es permitir que los estudiantes actúen según este impulso natural (otra metáfora) y darles el tiempo necesario para que ofrezcan sus propios modelos o sus metáforas para dar cuenta de una cierta realidad. Los estudiantes, si se les da la oportunidad, ofrecen fácilmente modelos bastante interesantes. Una niña decía, para explicar la forma como opera una palanca, que “una palanca es como un super-codo”; otra decía para describir los choques inelásticos que “los cuerpos que chocan reparten equitativamente sus impulsos; así el que tiene mucho le da al que tiene poco, y el que tiene poco recibe del que tiene mucho”. Al profesor le preocupa que estos modelos no se ajusten totalmente a la realidad (sería mejor decir a su realidad) o que no se formulen en términos cuantitativos y en forma de ecuaciones matemáticas, y entonces los corrige imponiendo el modelo del libro. El modelo de Mendeleiev tampoco era totalmente ajustado a la realidad y seguramente el actual sufrirá cambios o reinterpretaciones según su evolución. El secreto está entonces en dar las condiciones para que los modelos ofrecidos por los alumnos evolucionen. La evolución de estos modelos, que ellos percibirán de una forma muy comprometida, no sólo les permitirá entender la versión “actualizada” del modelo, sino que además no perderán de vista ese carácter evolutivo de la construcción científica, que a nuestra manera de ver es el elemento más importante. El estudiante entiende la estructura del conocimiento científico y la forma como se construye y no se limita a memorizar algunos de los resultados logrados en un determinado momento de la historia de la ciencia.

**\*El juego de la ciencia consiste en acercarse indefinidamente a la verdad eliminando errores.**

Este supuesto en cierto modo se deriva del anterior. Si el juego de la ciencia nunca acaba, nunca podremos acceder a una verdad última, puesto que, si así fuera, ¿qué sentido tendría la ciencia después de ese momento? Pero debe haber una aproximación a ella (lineal o en espiral, según diferentes formas de ver el problema), puesto que, si no la hubiera, de nuevo, ¿qué sentido tendría la ciencia?

No podemos concebir el error como la negación de la verdad. Un error es, más bien, un punto en uno de los caminos hacia la verdad, y cada punto en ese camino es un error de mayor o menor magnitud. Así, puesto que no tenemos una verdad absoluta, convivimos con el error permanentemente. Para poderlo identificar necesitamos de un espíritu crítico que, como puede mostrarse, opera siempre de una misma forma: somete las teorías a la crítica conceptual y las contrasta con la realidad.

Un ejemplo de varios puntos en uno de esos “caminos a la verdad”, muy ilustrativo y bastante conocido, es aquel que se refiere a la cosmo-visión del hombre a lo largo de su historia.

Veamos en forma rápida (y muy esquemática) la evolución de los conceptos acerca del universo. En un principio la Tierra era concebida como una llanura apoyada sobre una tortuga; las estrellas eran las fogatas que en la noche

encendían los caminantes de la inmensidad. Más tarde la Tierra era una llanura contenida en una gran esfera de cristal. Después la Tierra era una planicie situada en el centro de una buena cantidad de esferas de cristal concéntricas sobre las cuales se sostenían el sol, los planetas, las estrellas cercanas y la Luna. Una última esfera exterior sostenía las estrellas más lejanas llamadas “fijas” por ser aparentemente inmóviles. Con Galileo la Tierra era una masa esférica que giraba en torno al sol en la misma forma que lo hacían los demás planetas, y la Luna giraba en torno a la Tierra. Hoy hablamos del Big Bang, de galaxias, de agujero-ros negros y de millones de millones de soles.

El esquematismo (flagrante ante todo en la linealidad de los sucesos) que hemos adoptado en este recuento, sería inaceptable si estuviéramos teniendo alguna pretensión histórica. Es bien conocido, por ejemplo, que varios pensadores se adelantaron unos mil quinientos años a Copérnico en formular teorías helio-céntricas del universo. Antes de Eratóstenes se pensaba ya que la Tierra era esférica. Eratóstenes hizo mediciones de ángulos en las sombras proyectadas por el sol y de distancias entre determinados sitios que, gracias a la trigonometría conocida en la época, le permitieron extraer conclusiones realmente muy precisas en cuanto a la circunferencia de la Tierra. Es muy claro que la evolución de los conceptos científicos no es una línea recta entre “lo falso” y “lo verdadero”. Pero este recuento sólo pretende señalar cómo los conocimientos científicos de un momento histórico pueden ser considerados posteriormente como errores. Y estos errores son señalados por ese espíritu crítico que constata discrepancias entre lo que dicen las teorías y las observaciones que esas mismas teorías permiten. Es importante resaltar, sin embargo, que ese mismo espíritu crítico puede en un momento dado, y de hecho así ha sucedido muchísimas veces, aceptar como verdadero algo que después resulta mostrarse como falso. Ahora, esa misma afirmación puede ser restituida posteriormente como verdadera.

El objetivo no es pues tratar de eliminar el error en forma definitiva, sino de convivir con él y aprender a identificarlo dentro de un contexto social por medio de la discusión amistosa y crítica. En el ejemplo de la siguiente sección vemos en forma más clara cómo la discrepancia entre lo que predice una teoría y lo que se observa —es decir, un error— desencadena una crítica de la teoría que puede culminar en un cambio radical dentro de la teoría (cambio de paradigma).

En casi todas las instituciones educativas el error se castiga (obviamente no se trata aquí de defender aquellos errores provenientes de la falta de trabajo o del desinterés). Cuando se da un error propio de la ciencia en algún estudiante, no se concibe como un momento del desarrollo del pensamiento científico, sino como una equivocación debida a una falta de estudio o de alguna dificultad de aprendizaje. El estudiante debe dejar de cometer errores estudiando o ejercitándose, para evitar el castigo de una mala nota. Esta forma de eliminar el error no tiene nada que ver con aquel proceso responsable del avance científico. Para el estudiante común, quien comete errores es él; el profesor sólo de vez en cuando y el libro casi nunca. En pocas palabras, el error no se relaciona con el proceso normal de la ciencia sino con los “malos alumnos”.

La evaluación casi nunca se entiende como un momento más para el desarrollo del conocimiento en el que la crítica del error nos permita avanzar hacia una etapa de conocimientos más elaborada. Se entiende más bien como el momento en el que el profesor “pide cuentas”.

**\*Quienes no están dispuestos a exponer sus ideas a la aventura de la refutación no toman parte en el juego de la ciencia.**

Quien no está dispuesto a someter sus teorías a la crítica, indudablemente no puede mantenerse dentro de una comunidad científica. Sus teorías dejan de serlo para convertirse en algo así como un dogma incontrovertible.

El profesor de ciencias no siempre da ejemplo de esta actitud crítica porque de una forma o de otra, se ha dejado endilgar el papel de sabio que debe conocer la respuesta a todo y nunca debe equivocarse. El estudiante asume, de una forma hasta cierto punto inconsciente, que en ciencia no se puede dudar; que las cosas “son o no son”; que en ciencia todo se conoce y es de una forma y no de otra. Quien duda o se equivoca no es sabio y, por tanto, no puede ser profesor. La ciencia tiende a ser considerada por el estudiante medio, como aquello que se dice en el libro de texto y que es algo que siempre ha sido verdadero y siempre lo será.

No queremos decir con lo anterior que el profesor debe considerar como parte de sus obligaciones equivocarse o desconocer parte de la materia que tiene a su cargo. Se trata de que no pierda de vista que la ciencia es siempre inacabada; que hay regiones en donde son más numerosas las preguntas que las respuestas. Se trata fundamentalmente de que el estudiante se ejercite en la controversia, en la crítica, en la evaluación de diversos caminos posibles. Ese ejercicio le permitirá pertenecer algún día a una comunidad científica y ello es posible en individuos que no parten del supuesto de que son (o deben ser) infalibles.

**\*En la ciencia, por cada puerta que se cierra se abren diez.**



Esta sentencia popperiana (Popper, 1967) nos permite poner en evidencia que cada nueva solución en ciencia da surgimiento a nuevas preguntas. Para retomar el ejemplo de la tabla periódica de Mendeleiev, vemos que este nuevo modelo daba respuesta a la pregunta sobre los rasgos comunes en cuanto a la forma de reaccionar de ciertos elementos con otros. Pero entonces surgía el problema de las casillas que quedaban vacías. Para Mendeleiev esas casillas correspondían a elementos que debían existir en la naturaleza pero que hasta el momento no se habían aislado. Estas nuevas preguntas nos proyectan hacia nuevos conocimientos. Pero, además, nos permiten relacionarlos con aquéllos conocidos hasta el momento y, por tanto, reestructurar nuestra concepción del mundo.

En este sentido, una respuesta a un problema científico no puede ser concebida únicamente como la culminación de un camino sino, más bien, como un nodo de una red en continuo crecimiento. Ahora bien, esta metáfora puede representar tanto el sistema de conocimiento de una comunidad científica como el de un individuo particular. Estos dos sistemas son isomorfos en su mecanismo de construcción y pueden serlo también en su estructura (cuando un individuo conoce bien el área).

El crecimiento de la red no solamente es un ensanchamiento de las fronteras sino el establecimiento de nuevas conexiones entre nodos que hasta el momento eran independientes y un enriquecimiento de las conexiones ya existentes. La respuesta a una pregunta puede implicar el replanteamiento de otras que ya habían recibido respuesta. Éste puede desembocar en uno de los caminos siguientes: un nodo se reubica dentro del contexto de la red o se elimina como tal; también puede darse el caso de que un nodo que había sido eliminado se restituya nuevamente.

El siguiente ejemplo nos puede aclarar el uso de la metáfora de la red que hemos hecho. En el siglo XVII se aceptaba ampliamente que el calor era una manifestación del movimiento. Científicos, filósofos y matemáticos como Bacon, Descartes, Boyle, Hooke, Newton, Locke, Leibniz y otros aceptaban lo que Galileo un tiempo antes había formulado; el calor se relaciona con la rápida agitación de las pequeñas partículas de las que está hecha la materia de la cual se componen todos los cuerpos. Esta agitación se denomina energía cinética interna. Posteriormente esta forma de ver el problema se reemplazó por la teoría del calórico (a la que haremos referencia más adelante) que ya había sido adoptada por algunos filósofos griegos siglos antes. Hoy nuevamente vemos el calor como algo estrechamente relacionado con la energía cinética interna de un cuerpo. Éste es pues un caso en el que un nodo de esta red de conceptos que había sido eliminado, se restituye.

**\*Quien juega a la ciencia debe ser consciente de que la autocrítica y la crítica de los demás jugadores son las únicas estrategias de juego que garantizan una aproximación a la verdad.**

La única forma como se puede establecer si una teoría explicativa es defectuosa, es sometiéndola a la crítica. Las leyes científicas son, desde el punto de vista lógico, implicaciones. Hay entonces dos caminos para someter a crítica las teorías. El primero es hacer un despliegue de las predicciones que en virtud de las implicaciones se pueden hacer y tratar de hacer observaciones cuidadosas y controladas para ver si ellas se cumplen o no. El segundo es hacer un examen de la coherencia entre las implicaciones y las definiciones de la teoría.

El primer camino se encuentra muy bien ilustrado por una declaración de Einstein que decía algo como lo siguiente: estoy dispuesto a aceptar que mi teoría general de la relatividad es insostenible, si ante un potencial de gravitación no se observa una desviación hacia el rojo de las líneas del espectro. En mayo de 1919, una expedición británica se ubicó en un sitio propicio para llevar a cabo una serie de experimentos durante un eclipse de sol. Ellos pudieron establecer que la predicción acerca de la desviación hacia el rojo y del cambio aparente de ubicación de una estrella eran ciertas. Con ello se ponía a prueba la teoría general de la relatividad (con éxito para la teoría) pues se observaba efectivamente lo que de ella se deducía que debía observarse. Konrad Lorenz decía en alguna ocasión: "es muy buen ejercicio matutino para un científico investigador el descartar cada día una hipótesis favorita antes del desayuno". Si la Expedición Británica no hubiese podido observar lo que en efecto observó, Einstein hubiera estado obligado, en palabras de Konrad Lorenz, a descartar su teoría. Las hipótesis que el mismo Lorenz formulaba acerca del comportamiento de los animales, eran descartadas o aceptadas después de largas horas de observación cuidadosa.

Cada vez que imaginamos una nueva hipótesis, ella debe ser consistente con las demás. En otras palabras, el sistema de hipótesis que conforma la teoría no debe ser contradictorio. Nuevamente aquí es ilustrativo analizar la teoría de la relatividad de Einstein. Su hipótesis de que la velocidad mayor posible tenía un valor finito y constante era incongruente con las hipótesis más importantes de la física clásica, a saber: que el tiempo y el espacio son dimensiones homogéneas. En otras palabras, la hipótesis de que la velocidad de la luz es siempre 300.000 km/s y la mayor posible, sea cual sea el observador que la mide (así se mida desde otro rayo de luz lo cual no deja de parecernos asombroso y hasta absurdo), era incompatible con la de que el tiempo es infinito, invariable y el mismo para todos; era incompatible también con la de que el espacio es un recipiente infinito, inmodificable e independiente de su posible contenido: la materia. Si existe una incompatibilidad entre hipótesis es necesario descartar una u otras. Parte de la genialidad de Einstein fue la osadía de descartar las que eran más aceptadas universalmente y que, se podría decir, eran esenciales. En efecto, la homogeneidad del tiempo y del espacio es necesaria para que toda la estructura newtoniana se mantenga.

En el siglo XVIII se desarrollaron diversas investigaciones acerca de la combustión que llevaban a postular la existencia de una materia ígnea o incandescente, sin peso, invisible y fluida que era llamada “flogisto”. Sustancias como el carbón, la madera o la pólvora se concebían como muy ricas en esta materia, y de ahí su capacidad de ser altamente inflamables. En el momento de la combustión, el flogisto era liberado produciéndose así la llama y el calor.

La relación de la combustión con el calor llevó a los científicos a replantear la idea del calor como movimiento de las partículas constitutivas de la materia y concebirlo, en forma análoga al flogisto, como un fluido imponderable, autorrepelente e indestructible, que Lavoisier bautizó con el nombre de “calórico”. Hay que anotar que esta concepción del calor no era nueva; los filósofos y científicos griegos de la antigüedad ya habían concebido al calor de esta manera, como lo señalamos ya. La idea del calórico fue bastante útil y produjo resultados interesantes. Uno de ellos fue la postulación del principio de que este fluido se desplazaba siempre de los cuerpos calientes a los fríos y nunca en sentido inverso.

Benjamín Thompson, nacido en Massa-chu-setts en 1753, después de muchas aventuras en las que hacía gran gala de su astucia (entre ellas un matrimonio muy corto con la acapulcada viuda de Lavoisier), fue nombrado Conde Rumford del Sacro Imperio Romano y Regente Imperial del Estado de Baviera. Como tal supervisaba la construcción de cañones. Cuando se perforaban los cilindros de metal para construir la boca del cañón, se producen inmensas cantidades de calor. Los caloristas explicaban el fenómeno diciendo que el rozamiento desprende pequeñísimas partículas de materia y con ella libera también parte del fluido (llamado calórico) contenido en el metal.

El conde Rumford observaba que la producción de calor era mayor cuando la fresa con la que se perforaba estaba sin filo. Decidió entonces estudiar el problema en detalle. Pidió que se hiciera rotar una fresa sin filo sobre un cañón a medio construir. Hizo llenar la boca del cañón con agua. Después de dos o tres horas, en las que la fresa había rotado continuamente, el agua empezaba a hervir y no se había avanzado en la perforación de la pieza de metal. Thompson se preguntaba: ¿Cómo es posible que se desprenda tanto calórico sin que el metal cambie? Después de prolongar el experimento tanto como se quiso, Rumford demostró que se podía seguir generando calor todo el tiempo que los caballos realizaran trabajo al hacer rotar la fresa. Puesto que el proceso se podía prolongar tanto como se quisiera, decía Rumford, el calor no podía ser una sustancia material y por tanto debía retornarse a la hipótesis de que el calor es movimiento.

Vemos cómo en este pequeño episodio, tal como lo señalamos antes, se reestablece un nodo que había sido desechado: el calor como energía cinética interna de un cuerpo; se desecha un nodo y una relación: el calor como sustancia material y su conexión con el flogisto, se relaciona un nodo con otro: la cantidad de calor con la cantidad de trabajo.

Como hemos dicho, la forma como el conocimiento se construye en una comunidad científica, nos evoca la forma como un individuo construye el suyo; ello tendrá implicaciones a nivel de la enseñanza. En cuanto al tópico que estamos tratando, veremos que debe eliminarse el principio tácito que impide volver sobre un tema una vez que “ya se ha visto en clase”, un tema ya visto es como una especie de “caso juzgado” que no puede volverse a poner en cuestión y que sólo se vuelve a mencionar en el examen.

Cada nueva solución en ciencia da surgimiento a nuevas preguntas. Para retomar el ejemplo de la tabla periódica de Mendeleiev, este nuevo modelo daba respuesta, hemos dicho, a la pregunta sobre los rasgos comunes en cuanto a la forma de reaccionar de ciertos elementos con otros. Pero entonces surgía, entre otros, el problema de las casillas que quedaban vacías. Para Mendeleiev, recordemos, esas casillas correspondían a elementos que debían existir en la naturaleza pero que hasta el momento no se habían aislado.

Un primer problema, que surge en forma por demás evidente, es el de si en realidad estos elementos existen o si la clasificación que implica la tabla es errónea. Si se asume el riesgo de que la clasificación es adecuada, surge el problema de encontrar los elementos faltantes. Si nunca se encontraran, la adecuación del modelo (la tabla en este caso), quedaría puesta en tela de juicio y lo mínimo que pasaría es que habría que hacerle algunas reformas.

Este proceso infinito de multiplicación de las preguntas que Popper llama “búsqueda sin término”, parece ser inherente a la naturaleza de la mente humana. Este proceso se ve claramente entorpecido por el régimen académico de la escuela; por decirlo en palabras muy llanas, después de las respuestas no vienen nuevas preguntas sino la calificación del profesor.

El estudiante responde preguntas que, a excepción de unas muy pocas ocasiones, él no se plantea y las responde con el fin de no ser descalificado. El problema del conocimiento queda relegado a un segundo plano. La respuesta no es en ningún momento un punto importante en la búsqueda de la verdad en donde se cierra un problema para posteriormente abrir muchos más que vuelven a desafiar al científico quien emprende el reto de responder a ellos.

Cada una de estas respuestas nos permite conocer el mundo de mejor manera en dos sentidos. El primero es que la respuesta nos muestra un nuevo atributo de un objeto, o nos permite establecer una nueva relación de él con otros objetos del mundo. El segundo sentido se refiere a que las nuevas preguntas que surgen en el momento de ofrecer una respuesta nos muestran de mejor manera la extensión de aquellos que aún desconocemos de ese mundo.

Si restringimos el valor de la respuesta a una condición necesaria para la calificación, la estamos apartando radicalmente de su verdadero sentido dentro de la construcción del conocimiento. Este alejamiento de la pregunta de su verdadero sentido, va acompañado de implicaciones emocionales muy serias que desembocan en el hecho de que los estudiantes en general terminan por tener una autoimagen en la que la posibilidad de verse como seres creativos dentro de cualquier campo de la ciencia, queda totalmente negada.

---

<sup>5</sup> La metáfora utilizada en este supuesto es tomada de Karl Popper.

---

## Primera Parte - Referentes Teóricos

### II. Referente Sociológico

#### 1. Contexto escolar

---

### II. Referente Sociológico

#### 1. Contexto escolar

La escuela actual se concibe en una forma nueva, acorde con las nuevas concepciones de educación y de pedagogía. Para los propósitos de este documento, consideramos fundamental dejar expresas algunas de las ideas contempladas en el documento "Nuestra escuela un proyecto colectivo en construcción".

"Ante la evidente crisis por la que atraviesa la sociedad colombiana la cual también se refleja en la educación, y por ende en la escuela, nos parece importante destacar que la escuela debe ser capaz de reasumir dicha crisis dando respuestas concretas a esa realidad que se vive. Esto significa que el aporte, que desde la educación podemos darle a la sociedad en crisis, es nuestra construcción alternativa de escuela. Nos compromete una escuela que juega un papel esencial en la construcción cultural, una escuela como proyecto cultural (Ministerio de Educación, 1988).

Muchas veces se identifica la escuela con la planta física, pero la escuela es ante todo comunidad educativa (educandos, educadores, padres de familia, directivos docentes, administradores...) que a su vez está inmersa en una comunidad más grande regulada por normas establecidas por ella misma bajo el marco orientador de la sociedad y el Estado.

La escuela es el espacio para aprender, comunicarnos, divertirnos, enseñar, crear, ver el mundo a través de los otros (niños, maestros, padres, comunidad), de los libros, de la experiencia compartida, y muchas cosas más que podamos agregar de acuerdo con nuestra práctica particular y grupal (Ministerio de Educación, 1988).

"Entre las misiones de la escuela está la de construir, vivificar y consolidar valores y en general la cultura. La escuela aprovecha el conocimiento común y las experiencias previas de los alumnos para que éstos en un proceso de transformación vayan construyendo conocimiento científico. Por tanto, la escuela da acceso a los diferentes saberes para socializarlos y ponerlos al servicio de la comunidad.

Refiriéndose a la escuela, Bettelheim (1981) dice:

Es la filosofía y las actitudes del personal y no los objetos materiales y su distribución lo que determina y crea la vida que se desarrolla dentro del medio material de la escuela. La institución mejor proyectada no será buena si todo su plan y sus detalles no reflejan la filosofía y actitudes correctas. Los edificios son importantes, solamente cuando están dotados de significado humano y cuando adquieren sentido y dignidad como medio para vivir constructivamente. (Bettelheim, 1981).

El espacio escolar es el ambiente donde se enriquece nuestra formación como educadores y la de los niños. Pero ¿qué niños buscamos formar? ¿Cómo se configura la escuela para lograr ese niño que pretendemos formar? ¿Para qué sociedad? ¿Hay una búsqueda de un tipo de educación para la sociedad en que nos encontramos? ¿O tenemos en nuestra mente una sociedad distinta y para ella estamos impartiendo una determinada educación? (Ministerio de Educación, 1988).

"Es necesario hacer un alto en el camino para reflexionar sobre nuestra escuela: ¿Qué es? ¿Hacia dónde se dirige? ¿Qué sentido adquiere allí la práctica docente? ¿Cuáles fines nos hemos propuesto? ¿Cómo preparamos en el presente aprovechando las experiencias de nuestro pasado histórico para planear un proyecto de vida que nos permita construir exitosamente el futuro? ¿Cómo formar los niños para ese mañana?"

"Dudemos de lo que pasa en nuestra escuela aunque estemos convencidos de que ella marcha muy bien. A partir de la duda y su clarificación lograremos afianzar más el sentido que tiene nuestra práctica y nuestra escuela, llenaremos vacíos teóricos, y podremos decidir sobre nuestras acciones haciendo del quehacer docente una auténtica vivencia y práctica social.

¿Cuál es el valor de hacer un alto en el camino? Evitar que la práctica en la escuela sea una actividad sin reflexión sobre lo que se hace, cómo se hace y posibles alternativas a nuestro quehacer. También es reconocer que las actividades que desarrollamos día a día pueden volverse rutinarias y por tanto cansarnos y desmotivarnos. Es decir, desterrar prácticas profundamente arraigadas planteando alternativas desde lo teórico y lo experiencial.

"Valoremos entonces la importancia de reconocer qué estamos buscando y para dónde nos dirigimos. Hagamos explícitas las razones que tenemos para haber asumido como nuestra esta tarea de educadores y pedagogos. Y unos con otros tratemos de mirar y decirnos por qué nuestro quehacer es importante y qué nos proponemos" (Ministerio de Educación, 1988).

---

## 1. Contexto escolar

### 1.1 La escuela como institución social y democrática

#### Algunos supuestos de base

**\*La escuela, en cuanto institución social y democrática, promueve y realiza participativamente actividades que propician el mejoramiento y desarrollo personal, socio-cultural y ambiental.**

El hombre a través de su historia y como producto de sus interacciones sociales, ha generado diferentes tipos de conocimiento (arte, ciencia, tecnología, etc.) que hacen parte del acervo cultural y del nivel de desarrollo de una nación.

El nivel de desarrollo de un país depende en gran parte de los avances científicos y tecnológicos. Según este nivel, es costumbre dividir los países en "desarrollados" y "en vía de desarrollo". Por lo general, los primeros se caracterizan por ser creadores, productores de ciencia y tecnología, y los otros por ser consumidores de las mismas. Así pues, la teoría y la práctica de las ciencias influyen como factores de cambio a través del tiempo caracterizando la diversidad socio-cultural de los pueblos.

La ciencia y la tecnología han estado dirigidas y utilizadas por diferentes grupos sociales que le han dado uso de acuerdo con sus intereses. Por una parte el propósito y valoración que tienen los científicos y tecnólogos de sus aportes para el bien social, es diferente al uso que hacen los dirigentes políticos o grupos con intereses económicos particulares. Este hecho causa muchas veces alteración en el orden social y natural. Por ejemplo, el conocimiento científico ha sido

utilizado para producir armas que le permiten a los pueblos que las tienen, utilizarlas y dominar a otros que no las tienen. El poder industrial ha generado a corto plazo gran progreso para la humanidad pero a largo plazo ha repercutido en perjuicios irreparables al medio natural. El hombre no ha llegado a una reflexión seria y colectiva sobre ciertas consecuencias nocivas que trae consigo la aplicación tecnológica puesto que no ha logrado conciliar las leyes sociales establecidas con las leyes de la naturaleza. Las leyes naturales están dadas en términos de niveles o sistemas de organización que determinan el equilibrio de los ecosistemas, de los cuales hace parte el hombre. ¿Qué ha hecho el hombre en toda la historia de su progreso tecnológico? Mediante la aplicación de la tecnología se ha llegado a poner en peligro la vida del planeta. Ahora bien, sólo de la reflexión racional y de la conciliación entre las leyes sociales, y de la adecuación y respeto hacia las leyes naturales, dependería la conservación de los ecosistemas y la supervivencia de la humanidad. El manejo desequilibrado de la ciencia y la tecnología también ha sido causante de injusticia social, puesto que muchos de sus beneficios llegan sólo a grupos privilegiados, dejando de lado a una gran parte de la población. La desigualdad social y cultural de los pueblos disminuirá progresivamente en la medida que tenga acceso a la ciencia y a la utilización racional de los avances científicos y tecnológicos, mediante los cuales se logran mejores condiciones de vida para la humanidad.

La política educativa, el currículo en general y la escuela como institución, no deben ser ajenas a la problemática social que generan la ciencia y la tecnología y su influencia en la cultura y en la sociedad. Por tal razón, la escuela debe tomar como insumo las relaciones que se dan entre ciencia, tecnología, sociedad, cultura y medio ambiente, con el fin de reflexionar no sólo sobre sus avances y uso, sino también sobre la formación y desarrollo de mentes creativas y sensibles a los problemas, lo cual incide en la calidad de vida del hombre y en el equilibrio natural del medio ambiente.

Otro propósito de la escuela es

facilitar la comprensión científica y cultural de la tecnología desde un enfoque integral en el que en ella se aborde a partir de las interrelaciones implícitas en las diversas ciencias y desde diversas perspectivas (Ministerio de Educación, 1992).

Los cambios sobre política educativa, económica y constitucional, mediante los cuales el país quiere hacer frente a su crisis social, ética y cultural, para dar paso a una perspectiva renovada hacia el siglo XXI, o si se quiere hacia el tercer milenio, hacen que la escuela revise el papel que le corresponde dentro del contexto social, como mediadora del pensamiento cultural que le es propio, y del pensamiento proveniente de otras culturas.

Evidentemente los métodos y tendencias epistemológicas usados por la escuela al igual que el ritmo lento con que marcha, no responden a la realidad social configurada por los veloces cambios del conocimiento científico-técnico, filosófico, cultural y, lo que es más grave, no se relaciona en forma eficiente con el conocimiento de lo cotidiano. Esta falta de relación es precisamente lo que hemos llamado el olvido del Mundo de la Vida.

¿Qué significa que la escuela haga frente a la realidad socio-cultural? Significa que confronte los resultados de las tendencias epistemológicas y pedagógicas utilizadas hasta el momento por los docentes, frente a los resultados en términos de desarrollo cognitivo, socio-afectivo y cultural de los educandos. Necesariamente tienen que surgir nuevas alternativas que den respuesta a cambios sociales permanentes. Por una parte las investigaciones educativas realizadas en el campo de lo cognoscitivo, de lo pedagógico, de lo social y, por otra parte, las experiencias surgidas de la cotidianeidad, pueden ser la base para realizar varias reflexiones sobre posibles alternativas.

El pensamiento cultural surgido del conocimiento proveniente de diversas disciplinas científico-sociales y del conocimiento cotidiano (costumbres, hábitos, folclor, valores ciudadanos), conformarían el quehacer de la escuela.

Uno de los aspectos negativos que se le atribuyen a la escuela es haber permanecido aislada y marginada del resto de la comunidad con códigos de comportamiento y significados completamente diferentes en cuanto a mecanismos y estrategias para que sus miembros adquieran hábitos y construyan conocimientos y valores ciudadanos.

De acuerdo con los diferentes planteamientos que se han hecho sobre políticas sociales y educativas del país, así como sobre la influencia y resultados de las diferentes tendencias en la enseñanza de las ciencias, surge la necesidad de un cambio en la estructura y organización del currículo de ciencias naturales que responda a los cambios y condiciones del país en su contexto nacional y con relación a otros países. Esto exige elaborar una nueva propuesta que integre diversos aspectos a intervenir en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

---

## 1. Contexto escolar

## 1.2 La formación de valores en la escuela

Son muchos los factores que influyen en la crisis de valores de nuestra sociedad actual. La principal causa que ha originado cambios significativos en las estructuras sociales es sin duda alguna el desarrollo científico y tecnológico del mundo moderno, el cual ha influido en el comportamiento del hombre y de la mujer, en cuanto que, por una parte, la tecnología novedosa y "útil" ofrece comodidad y reducción del trabajo físico. Por otra parte, el conocimiento científico y la igualdad de derechos entre el hombre y la mujer permitió a esta última el ingreso a la universidad y le abrió las puertas del mercado de trabajo en diferentes campos.

Estos hechos han llevado a una reorganización familiar y social, lo cual ha permitido que el tiempo que antes era destinado para la transmisión de valores éticos y sociales a través de las relaciones afectivas en el seno familiar y social, sea cedido a otras personas o instituciones que influyen consciente e inconscientemente en la formación de la persona, estableciéndose todo tipo de relaciones afectivas positivas o nocivas.

La acción de la escuela y la familia en la formación de valores se ve entonces contrarrestada, en buena parte, por los medios masivos de comunicación, por la cultura informal creada en corrillos juveniles y, en la mayoría de los casos, por personas inescrupulosas que aprovechan la inexperiencia de la juventud para lograr sus propios fines. Surgen entonces formas de comportamiento que riñen con los valores aceptados socialmente.

Sin embargo, los valores éticos y sociales universales siguen siendo los mismos que los de generaciones anteriores; el problema está en que generalmente en nuestra sociedad actual en la práctica no se dan. El desconcierto de padres, educadores y comunidad en general es grande y el mecanismo empleado para inculcar valores es el de la prédica, la imposición de normas y la represión, antes que el buen ejemplo, el análisis y la práctica reflexiva.

Es difícil hoy que los jóvenes tengan oportunidades para asumir responsabilidades y de esta manera poder elaborar proyectos de vida propios, insertos en una sociedad violenta donde priman las decisiones verticales con largos períodos de escolarización inocua donde los niños leen que la democracia es participativa, pero a diario se ven sometidos a una disciplina tipo inquisidora, donde se niega la información y la formación político-democrática. Sin embargo, al poco tiempo se les exige actuar de acuerdo con lo leído cuando en la mayoría de las ocasiones la realidad para la cual se ha predicado no existe (Álvarez, 1991).

Hemos creído conveniente partir de algunos planteamientos e interrogantes que invitan al análisis reflexivo de la situación. Las alternativas y mecanismos de solución sobre la formación y desarrollo de la capacidad valorativa de niños y jóvenes, serán de responsabilidad de todos y cada uno, según sea el papel que les corresponda, dentro de las diferentes situaciones sociales a que estamos abocados.

Desde el punto de vista educativo colombiano podemos ubicar el tratamiento del problema a partir de sencillos interrogantes, que ayudan a reflexionar sobre los mismos; por ejemplo: ¿De qué valores vamos a hablar y quién los determina? ¿Qué dice la Constitución? ¿Qué dice la Ley General de Educación? ¿Cómo está constituida la familia colombiana? ¿Cómo está constituida la sociedad en la producción y distribución de bienes y servicios? Pues éstas son las instituciones que defienden los valores mediante normas, leyes y estilos de vida social.

La primera institución comprometida es la familia quien a través del diario vivir mediante actitudes, ejemplo y hábitos permanentes va construyendo valores que se traducen en comportamiento de tipo social. La segunda institución comprometida es la escuela, responsable de reforzar, modificar o sustituir valores que trae el niño desde su hogar, además de construir otros implícitos dentro del proceso educativo.

Otra institución que forma en valores es la comunidad en general, de la cual hacen parte la escuela y la familia. La comunidad exige comportamientos valorativos necesarios para la convivencia de acuerdo con su organización. Pero es de la familia y de la escuela de quienes dependen en parte los comportamientos morales y ético-sociales de las personas que la conforman.

Es urgente que la familia, la escuela y las instituciones que forman parte de la comunidad revisen su estructura organizacional, para analizar y reflexionar sobre los comportamientos valorativos que se están dando en la cotidianidad, para determinar la problemática que se deriva de aquellos que no contribuyen a un bien social, desde el punto de vista afectivo, moral y ético. Por eso se hace necesario que las instituciones se apoyen mutuamente y determinen cuáles son los comportamientos valorativos que deben regir, de acuerdo con sus objetivos. Por otra parte, la ciencia y la tecnología han creado y solucionado problemas; al respecto Popper (1967) plantea:

Los valores surgen con los problemas, no pueden existir sin los problemas, ni los problemas pueden derivarse o extraerse de los hechos, a pesar de que, a menudo, tengan mucho que ver con ellos.

La formación de valores en el área de ciencias naturales y educación ambiental, como en cualquier otra área, no se puede desligar de lo afectivo y lo cognitivo. La comprensión del medio ambiente tanto social como natural, está acompañada por el desarrollo de afectos y la creación de actitudes valorativas. Esto conlleva a que el estudiante analice y se integre armónicamente a la naturaleza, confi-gurándose así una ética fundamentada en el respeto a la vida y la responsabilidad en el uso de los recursos que ofrece el medio a las generaciones actuales y futuras.

---

## 1. Contexto escolar

### 1.3 La escuela y la dimensión ambiental

**\*La escuela en cuanto sistema social y democrático, debe educar para que los individuos y las colectividades comprendan la naturaleza compleja del ambiente, resultante de la interacción de sus aspectos biológicos, físicos, químicos, sociales, económicos y culturales; construyan valores y actitudes positivas para el mejoramiento de las interacciones hombre-sociedad naturaleza, para un manejo adecuado de los recursos naturales y para que desarrollen las competencias básicas para resolver problemas ambientales.**

Tanto el aula como la institución educativa y el sistema educativo en general, comparten las propiedades de cualquier sistema abierto y en especial, las propias de los socio-sistemas en interacción con los sistemas adyacentes. Tanto las ciencias naturales como las ciencias sociales tienen como objetos de estudio sistemas materiales, es decir, entidades reales, particulares y diversas en las cuales se pueden identificar dos características comunes:

- la presencia de elementos interrelacionados y
- a conformación de una organización de esas interacciones, de manera que cada sistema funciona como un todo con identidad propia.

A su vez, el ambiente se considera como una arquitectura de sistemas naturales y sociales que se intrincan unos con otros, se superponen y jerarquizan en diferentes niveles de organización, en un juego permanente de flujos, dependencias e intercambios, los cuales están influidos por las prácticas culturales aprendidas en la familia, en la escuela y en el medio social.

En el caso de la escuela, las interacciones entre las personas generan una organización social, es decir, un tipo de orden que hace de ella una institución singular, diferente a otras instituciones sociales, por cuanto tales inte-raccio-nes conllevan interdependencia, actuación conjunta, asociación, combinación, etc., que determinan una organización y como ocurre en la realidad educativa, le confieren un propósito.

Tanto el concepto de escuela como el de ambiente poseen una naturaleza multidimen-sional, ante la cual surge la Educación Ambiental como un tipo de educación que tiene en cuenta, entre otros aspectos:

– **Los objetivos y logros básicos en la educación ambiental**, los cuales se formularon en la Conferencia de Tbilissi (1977) y son interna-cionalmente aceptados. Con algunos cambios menores, éstos son:

- **Concientización:** Para ayudar a personas y grupos sociales a tener conciencia y sensibilizarse con el ambiente total y sus problemas conexos.
- **Conocimiento:** Para ayudar a personas y grupos sociales a tener una serie de experiencias y apropiarse de un conocimiento básico del ambiente y sus problemas asociados.
- **Valores, actitudes y comportamientos:** Para ayudar a personas y grupos sociales a construir un conjunto de valores y preocupa-ciones por el ambiente y motivar a la partici-pación activa en el mejoramiento y protección del mismo.
- **Competencia:** Para ayudar a personas y grupos sociales a desarrollar las competencias necesarias para identificar, anticipar y resolver problemas ambientales.

- **Participación:** Para dar a las personas y grupos sociales la oportunidad de implicarse activamente en todas las actividades encaminadas a solucionar problemas ambientales.

La escuela, tal como lo dispone el decreto 1743/94 “que instituye la educación ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente”, debe diseñar y desarrollar proyectos ambientales escolares (PRAES) que comprometan la participación de la familia, la escuela y la comunidad, bajo la perspectiva de la construcción de una nueva ética y en consecuencia, de posibilitar un cambio de actitudes y la práctica de nuevos comportamientos en las relaciones dinámicas del hombre con la naturaleza y la sociedad dentro de un contexto cultural. En conclusión, debe ejercitar en la reflexión crítica respecto a comportamientos hombre-naturaleza-ciencia-tecnología-sociedad.

– **El encadenamiento de causas y efectos:** Los problemas ambientales no son independientes ni aislados. Son siempre consecuencias de otras acciones cuyos orígenes obedecen a otros contextos, circunstancias, regiones e intereses. Así pues, todo proyecto de educación ambiental debe identificar y explicitar la cadena de causas y efectos que conllevan y conducen a situaciones de degradación o de mejora del medio.

– **La integración e interdisciplinariedad:** Los problemas ambientales son complejos; su abordaje en consecuencia, debe hacerse desde la perspectiva de múltiples disciplinas. En la educación básica y media los problemas ambientales deben tratarse no sólo desde la biología, la química, la física o la ecología, sino también desde la ética, la economía, la política, la historia, la geografía... intentando siempre construir marcos de referencia integrales, producto de la hibridación entre las ciencias. Esto quiere decir que la educación ambiental no solo debe considerarse ligada a las ciencias naturales, como una asignatura o un área obligatoria y fundamental del plan de estudios según el artículo 23 de la Ley General de Educación, sino que el currículo como un todo, debe asumir la educación ambiental con un enfoque integrado e interdisciplinar, basado en proyectos de acción conjunta como lo establece el artículo 14 de la misma Ley General de Educación. Sin embargo, hay que aclarar que dada la naturaleza del área de ciencias naturales, ésta debe asumir la educación ambiental como la columna vertebral que articula y posibilita la construcción del conocimiento a través del estudio de nuestra realidad ambiental, por lo menos durante toda la educación básica (primaria y secundaria).

Igualmente, la educación en ciencias naturales y educación ambiental debe proyectarse hacia la comprensión de la salud, como forma de vida, de comportamiento armónico consigo mismo, con la sociedad y con la naturaleza, de ahí que las ciencias naturales deban proyectar no sólo una visión biológica del concepto salud-enfermedad sino que debe formar y educar sobre una concepción integral del ser humano y su entorno.

Toda la comunidad educativa en los procesos de enseñanza y de aprendizaje debe interrelacionarse con los diferentes saberes que cada uno tiene de su posición frente al mundo y a la vida. Esta posición constituye un indicador fundamental en el proceso permanente de la búsqueda de la salud.

– **El sentido holístico y la aproximación sistémica:** Aunque la educación ambiental debe partir del conocimiento del entorno inmediato, debe igualmente mostrar con toda claridad las interdependencias económicas, políticas, tecnológicas, etc., del mundo moderno, en el que las decisiones y comportamientos de los diversos países, pueden tener consecuencias de alcance internacional, pues la relación y la interdependencia hacen que situaciones próximas a nosotros tengan sus orígenes, en muchos casos, en problemáticas que se encuentran muy distantes. En resumen, aunque en un momento dado haya acciones y soluciones locales o regionales, la Educación ambiental debe abordarse con una mentalidad globalista y universal, por cuanto no se trata de salvar únicamente nuestro ambiente inmediato sino el planeta en que habitamos.

Teniendo en cuenta lo anterior, “el sistema ambiental se puede entender como un conjunto de relaciones en el que la cultura es mediadora, a diferentes niveles, entre el sistema natural y el sistema social. En consecuencia, el análisis de la problemática ambiental debe hacerse local, regional, nacional e internamente, de acuerdo con el nivel de complejidad del problema que se esté abordando y teniendo en cuenta la dinámica cultural propia de las diversas comunidades, para que las alternativas de solución tengan validez y se hagan viables.

Es por esto que para entender el funcionamiento del ambiente, se hace necesaria una aproximación sistémica en donde el todo dé cuenta de las partes y cada una de ellas dé cuenta del todo (Ministerio de Educación Nacional 1995). El concepto de sistema, asociado al de proceso, se complementa con lo expuesto al respecto en el apartado de Logros e Indicadores de Logros.

– **La concertación interinstitucional e inter-cultural:** Para que la escuela pueda cumplir su propósito de “educar para conocer y manejar racionalmente la naturaleza”, es necesario que se apoye en las demás instituciones, programas, organizaciones y grupos de investigación, con el fin de que la educación ambiental sea asumida como un compromiso de todos sin distinciones de status, etnias, profesiones, oficios, actividades económicas o productivas, etc. Así, los individuos y las comunidades “comprenderán a través de todo el proceso educativo la manera como se articulan las organizaciones



sociales dentro de su medio ambiente y la manera como lo transforman en los procesos de creación cultural” (Colom, et al., 1981).

– **La construcción de una nueva ética:** Sustentada principalmente en unas nuevas relaciones hombre-naturaleza-ciencia-tecnología- sociedad. La naturaleza debe considerarse como un bien y un valor por cuanto representa efectivamente un capital natural, considerado éste en términos de recurso natural y capacidad de vertimiento (capacidad del ecosistema para absorber desechos). Ese bien (la naturaleza), aunque limitado, es de un valor inestimable, dada nuestra gran biodiversidad y potencial genético, lo cual implica que el hombre debe pensar y repensar la calidad de sus relaciones con el medio, lo que a su vez implica el ejercicio de un sistema de principios según el cual se rigen sus formas de vivir socialmente y de actuar culturalmente en la naturaleza.

Así planteados los parámetros de la educación ambiental, la escuela debe aunar esfuerzos para hacer realidad lo planteado al respecto en la Ley General de Educación que a su vez interpreta los principios consagrados en la Constitución Política Nacional (Presidencia de la República, 1991), en lo que compete al sector educativo.

Vale entonces la pena preguntar qué tipos de escuela y de maestros se requieren para llevar a cabo los propósitos expresados anteriormente. El Ministerio de Educación ha venido proponiendo desde 1988 un nuevo enfoque y es convertir cada escuela en un verdadero proyecto de desarrollo educativo-cultural, cuya filosofía puede resumirse así:

- La escuela debe asumir una nueva concepción filosófica y una nueva práctica pedagógica y didáctica.
- Cada escuela debe ser autogestionada.
- La escuela debe comprometerse con el rescate de las tradiciones, costumbres e historia de cada comunidad para la consolidación de una identidad nacional respetando nuestro carácter multiétnico y pluricultural.
- La escuela debe trabajar por Proyectos Educativos Institucionales –PEI– que elabora con la comunidad y para su beneficio.
- La escuela debe indagar la realidad (natural y socio-cultural) para mejorarla, utilizando el proceso investigativo.
- La escuela se erige sobre bases democráticas, sin distinción de sexos, credos, razas, etc., compartiendo el “poder” y la “autoridad” a través del gobierno escolar.
- La escuela debe formar alumnos reflexivos, independientes, críticos y autocríticos, y debe proyectar su acción educativo-cultural a la comunidad (Ministerio de Educación, 1988a).

Pero esta nueva escuela colombiana sólo puede construirse con maestros colombianos, cada uno de los cuales debe constituirse en un verdadero gestor del cambio. “La escuela vale lo que valen sus maestros” dice un antiguo adagio pedagógico y para asumir su nuevo rol y revalorizar la escuela, se requiere de maestros:

- formadores en procesos de pensamiento y acción y en valores ciudadanos;
- investigadores y animadores del proceso educativo y líderes puente entre los diversos sectores con que se puede relacionar la escuela;
- personalizadores y humanizadores del proceso educativo, a través de la práctica de metodologías centradas en el alumno, para el alumno, por el alumno y dentro de su contexto;
- animadores culturales en el ámbito escolar, en la comunidad a la cual pertenece la escuela y en la sociedad global;
- promotores de la preservación, mejoramiento y desarrollo ambiental y precursores de una nueva ética en las relaciones hombre-naturaleza-sociedad;
- autoevaluadores de su acción educativa y
- vivificadores de la ética profesional del educador. (Ministerio de Educación, 1988a).

**\*A la escuela como institución social y democrática que presta el servicio público de la educación, le compete el deber de formar para que los niños, jóvenes y futuros ciudadanos contribuyan al proceso de construcción de un desarrollo humano sostenible que responda a las necesidades de la diversidad tanto natural como social y cultural buscando siempre mejorar la calidad de vida para todos los habitantes del país.**

Por mucho tiempo se ha hablado simplemente de desarrollo, refiriendo este término exclusivamente a aspectos económicos, por cuanto el énfasis se ha puesto en el crecimiento del producto, en la capacidad de ahorro y en el volumen de la inversión, razón por la cual, el objetivo del desarrollo se percibía como la creación de la riqueza. Hoy día se habla otro idioma. En 1980, un grupo de agencias de las Naciones Unidas, introduce el concepto de desarrollo sostenible, el cual fue recogido y explicado en 1987 por la Comisión Mundial del Medio Ambiente, pero desde 1990 se privilegia el concepto de desarrollo humano, el cual evoluciona cinco años más tarde hacia el concepto de desarrollo humano sostenible.

En sus versiones iniciales simplemente se expresaba que para que el desarrollo fuera sostenible, o mejor, sustentable, debía de satisfacer las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. Un documento más reciente avanza diciendo que el desarrollo es la vía que el pueblo utiliza para satisfacer sus necesidades y mejorar sus vidas. El desarrollo sustentable es un proceso de mejoría económica y social, que satisface las necesidades y valores de todos los grupos interesados manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales y la diversidad. Es un concepto complejo que incorpora los siguientes principios:

- La sostenibilidad ecológica exige que el desarrollo sea compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos, la diversidad biológica y los recursos biológicos.
- La sostenibilidad social exige que el desarrollo aumente el control que la gente tiene sobre sus vidas y que se mantenga y fortalezca la identidad de la comunidad.
- La sostenibilidad cultural exige que el desarrollo sea compatible con la cultura y los valores de los pueblos afectados.
- La sostenibilidad económica exige que el desarrollo sea económicamente eficiente y que sea equitativo dentro y entre generaciones.

Por su parte, el **desarrollo humano** es entendido como la expansión de las capacidades de las personas para que construyan vidas más satisfactorias para sí mismas y para las futuras generaciones, y contribuyan así de manera más positiva al desarrollo de la sociedad en su conjunto. Implica desarrollar la capacidad de la sociedad para identificar, concertar y solucionar, con el menor costo social y económico, los problemas que se le presenten con el paso del tiempo. Bajo esta nueva concepción, las personas y no sólo el crecimiento económico pasa a ser el centro del problema. El crecimiento económico deja de ser el fin último y se transforma en medio, en instrumento, en camino para llegar a una meta y no en una meta en sí misma. Se busca entonces que el hombre deje de estar al servicio de la economía y que la economía pase a estar al servicio del hombre. No es que el crecimiento económico, el ahorro y la inversión dejen de tener importancia, sino ellos deben estar al servicio de la sociedad, pues si bien el crecimiento económico es imprescindible, no es en sí mismo suficiente para garantizar el bienestar de una nación. En consecuencia, el énfasis debe hacerse en el aumento de oportunidades para que los hombres, las mujeres, los jóvenes y los niños desarrollen sus potencialidades, ampliando de esta manera su capacidad de participar activa y efectivamente en las decisiones que les afecten.

Las normas y documentos oficiales del Ministerio de Educación propenden por el desarrollo integral humano en sus distintas dimensiones y potencialidades: cognitiva y metacognitiva, comunicativa, experiencia y expresión estética, valorativa y actitudinal, en concordancia con lo establecido en el primer fin del artículo 5º de la Ley 115/94 que le asigna a la educación el pleno desarrollo de la personalidad dentro de un proceso de formación integral, física, psíquica, intelectual, moral, espiritual, social, afectiva, ética, cívica y demás valores humanos (Ministerio de Educación Nacional 1995).

Después de hacer curso el concepto de desarrollo sostenible bajo la influencia del movimiento mundial en favor del ambiente, se desarrolla el concepto de desarrollo humano, como ya lo hemos expresado. Poco tiempo se necesitó para que ambos conceptos, uno que calificaba el desarrollo con respecto a la persona y el otro que lo calificaba en relación con el ambiente, evolucionaran hacia una síntesis que es el concepto actual de desarrollo humano sostenible.

Como puede apreciarse, la síntesis conceptual actual alrededor del desarrollo humano sostenible ha avanzado con la reintroducción del concepto de valores al mismo tiempo que el de necesidades abriendo así un horizonte más amplio en el conjunto de objetivos humanos. En pocas palabras, el desarrollo humano sostenible nos habla de que no podemos estar de acuerdo con cualquier tipo de desarrollo sino que tenemos que asegurar que el desarrollo sea humano, pero

que además no puede ser de cualquier tipo, sino un tipo de desarrollo humano que reparta con justicia distributiva, los frutos del desarrollo entre los grupos de la sociedad hoy en día (intra-generacional), que tenga en cuenta la variable ecológica, la diversidad natural y cultural, viva en concierto con la naturaleza y pensando en las futuras generaciones (intergeneracional). En concordancia con esta concepción, la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo (Vasco, et al., 1994), señala la necesidad de que el desarrollo humano tenga tres características fundamentales: que sea integral, equitativo y sostenible.

Cabe resaltar dos aspectos importantes con relación al nuevo concepto:

- El primero, es que no nos podemos escudar en la protección de las generaciones futuras para no actuar, en forma decisiva y de inmediato, en la protección de aquella parte tan importante de la generación actual que no recibe la parte justa de los beneficios del desarrollo. En otras palabras, el modelo no puede pretender ser justo en lo intergeneracional si no es justo en lo intra-generacional, lo cual confirma Robert Solow cuando dice: “las presentes y futuras generaciones tienen derecho a que se les garanticen óptimas condiciones de bienestar”.
- El segundo aspecto, es que en este tema del desarrollo humano sostenible, al igual que en el tema de la pobreza, se necesita una intervención explícita tanto del Estado como de las organizaciones de la sociedad civil, ya que la unión de esfuerzos permitirá la asignación de recursos para lograr los objetivos deseados, en términos de equidad. A la escuela, como organización social que presta el servicio público de la educación, le corresponde formar el capital humano y social para tomar decisiones acordes con las dinámicas del contexto.

En la legislación colombiana, el artículo 3º de la Ley 99 de 1993, mediante el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, establece que “se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca el crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y el bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades”.

**\*La escuela como institución social y democrática debe propender porque las personas, colectividades y organizaciones sociales y del Estado cumplan y hagan cumplir los mandatos de la Constitución Política, especialmente los referentes al ambiente y los recursos naturales del país.**

La Carta de 1991 otorga atención especial a los asuntos relacionados con el ambiente ya sea dándole una connotación globalizada o refiriéndose a algunos de sus componentes. Es así como de los 380 artículos de que consta, 35 son dedicados a las cuestiones ambientales, siendo el artículo 8º el primero en tocar el tema y el 366 el último. Por razones metodológicas, hacemos el análisis de dicho articulado desde los siguientes tópicos: educación; ambiente y calidad de vida, recursos naturales y eco-logía; desarrollo sostenible; gestión y manejo ambiental.

### - Artículos referentes a educación

La Constitución señala explícitamente este tema en los artículos 67 y 79. El artículo 67 establece que “la educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente” y el artículo 79 establece que “es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”. Por tanto, corresponde al servicio educativo, construir y desarrollar una pedagogía para promulgar, apropiarse y hacer vivir la Constitución, tal como lo propuso la Asamblea Nacional Constituyente.

### - Artículos referentes al ambiente y calidad de vida

El capítulo 3º del título II de la Constitución está dedicado a los derechos colectivos y del ambiente y constituye por tanto la columna vertebral de la política ambiental. Se destaca el artículo 79 que establece que “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” y exalta la participación como principio y objetivo de la educación ambiental y como característica de la democracia al establecer que “la Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” (al ambiente). El artículo 88 establece que “la ley regulará las acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad pública, la moral administrativa, el ambiente, la libre competencia económica y otros de similar naturaleza que se definen en ella” con lo cual, este artículo además de relacionarse con el tema ambiental, da pautas para la gestión y manejo ambiental. En el artículo 95, al establecer los deberes de la persona y del ciudadano, dice que “toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes” y en consecuencia, el numeral 8 ordena a toda persona “proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano”. El artículo 268 le da atribución al Contralor General de la República para “presentar al Congreso un informe anual sobre el estado de los recursos

naturales y del ambiente". El artículo 289 establece que "por mandato de la Ley, los departamentos y municipios ubicados en zonas fronterizas podrán adelantar directamente con la entidad territorial limítrofe del país vecino, de igual nivel, programas de cooperación e integración, dirigidos a fomentar el desarrollo comunitario, la prestación de servicios públicos y la preservación del ambiente".

Finalmente, los artículos 333 y 334 relacionan la economía con el ambiente al establecer el 333 que "la ley delimitará el alcance de la libertad económica cuando así lo exijan el interés social, el ambiente y el patrimonio cultural de la nación", en tanto que el 334 dice que "la dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Éste intervendrá por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, y la preservación de un ambiente sano".

### **- Artículos referentes a los recursos naturales y ecología**

Uno de los avances más grandes logrados en la Constitución actual está contenido en el artículo 58 que establece que "la propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica", lo cual quiere decir que todo predio rural o urbano, construcción u obra de urbanismo debe garantizar que respetará el equilibrio de la naturaleza para lo cual debe controlar el uso de plaguicidas, fungicidas, desechos tóxicos, basuras, etc., con el fin de garantizar el derecho de toda persona de gozar de un ambiente sano, como lo establece el artículo 79 ya comentado anteriormente y de cumplir con el deber preceptuado en el numeral 8 del artículo 95 ya relacionado. Los artículos 63 y 79 incluyen en la Constitución los conceptos de "parques naturales" y otras áreas de manejo especial por su importancia ecológica o como bien público. El artículo 215 establece la posibilidad de declarar el Estado de Emergencia cuando sobrevengan hechos "que perturben o amenacen perturbar en forma grave e inminente el orden económico, social y ecológico del país". Finalmente, el artículo 332 establece que "el Estado es el propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables" como petróleo, minas, gas natural... y el artículo 360 establece que "la ley determinará las condiciones para la explotación de los recursos naturales no renovables así como los derechos de las entidades territoriales sobre los mismos".

### **- Artículos referentes al desarrollo sostenible**

Aunque sólo dos artículos hacen referencia a este concepto, no hay duda que se debe trabajar para el logro de este propósito. Por su parte, el artículo 80 se enfoca alrededor del "manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución". A pesar de que en este artículo el desarrollo sostenible sólo se restringe a los recursos naturales, en el artículo 334 se complementa el concepto al establecer que el Estado intervendrá "en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano". Como puede apreciarse, estas ideas son concordantes con el concepto de desarrollo humano sostenible que hemos explicado en el supuesto anterior.

### **- Artículos referentes a gestión y manejo ambiental**

Bajo este tópico se consideran todos aquellos artículos que en una u otra forma contemplan estrategias para la gestión ambiental como la apropiación, la participación, la descentralización, la intervención, la universalización y la internacionalización, como también, aquellos artículos que contemplan instrumentos de manejo de los recursos naturales y el ambiente, como la información, la educación, acción popular, control de movilización, defensa administrativa, ordenamiento, Estado de Emergencia, manejo indígena, financiación por regalías, impuesto territorial o por prioridad del gasto social y creación de entidades regionales especializadas.

Así, el artículo 8º establece, en primer término, que "es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación". La universalización de los servicios públicos está contemplada en el artículo 49 al establecer que "la atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud. Corresponde al Estado, organizar, dirigir y reglamentar la prestación de los servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad". Más adelante, la misma Constitución fundamenta el cumplimiento de este mandato al dar prioridad al gasto social y al establecer en el artículo 366 que "el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado" entre sus objetivos fundamentales figura el saneamiento ambiental y dice que "el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación". El artículo 66 dice que ante las "calamidades ambientales" habrá "condiciones especiales de crédito agropecuario". Los artículos 78 y 82 articulan el pensamiento ambientalista con los problemas del consumo y la planificación urbana. El artículo 79 promueve, como ya se dijo, la participación comunitaria en las decisiones que puedan afectarlo y en el artículo 340 se le otorga participación al "sector ecológico" en el Consejo Nacional de Planeación.

La internacionalización de la gestión ambiental colombiana se explicita en el artículo 80: El Estado “cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas” y en el 226: “El Estado promoverá la internacionalización de las relaciones políticas, económicas, sociales y ecológicas sobre las bases de equidad, reciprocidad y conveniencia nacional”. El artículo 81 prohíbe “la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos” con lo cual, Colombia se coloca a la vanguardia en la lucha mundial contra los procesos de contaminación internacional. Además, al establecer que “el Estado regulará el ingreso al país y la salida de él de los recursos genéticos” protege nuestra biodiversidad y abre paso al desarrollo biotecnológico, ya que Colombia es considerada como uno de los mejores bancos genéticos del mundo. Según el artículo 88 la ley regulará las acciones populares para proteger los derechos e intereses colectivos relacionados con la salubridad pública y el ambiente. Se puede declarar el Estado de Emergencia cuando se den las circunstancias expuestas en el artículo 215. Hace parte de la gestión fiscal del Estado, la valoración de los costos ambientales, según lo preceptuado en el artículo 267.

La descentralización constitucional de la gestión ambiental está explícita; además del artículo 289, en el artículo 300 al determinar que las asambleas departamentales pueden expedir disposiciones relacionadas con el ambiente y en el 313 al determinar que los concejos deben reglamentar los usos del suelo y dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico del municipio y a su vez, al alcalde municipal le cabe la atribución según el numeral 1 del artículo 315, de cumplir y hacer cumplir, entre otras normas, los acuerdos del Concejo. También el artículo 330 hace posible que los territorios indígenas sean gobernados por Consejos conformados y reglamentados según los usos y costumbres de sus comunidades y entre sus funciones están la de velar por los usos del suelo y por la preservación de los recursos naturales.

El artículo 310 establece que para el caso de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, mediante ley, se podrá “limitar el ejercicio de circulación y residencia, establecer controles a la densidad de la población, regular el uso del suelo y preservar el ambiente y los recursos naturales del archipiélago”. Varios artículos abren las puertas para financiar la gestión ambiental. El 317 ordena que un porcentaje de los gravámenes a la propiedad inmueble se destinen a las entidades encargadas del manejo y conservación del ambiente y de los recursos naturales renovables, y el 361 permite que del Fondo Nacional de Regalías se utilicen recursos para la preservación del ambiente.

El avance en la organización administrativa de la gestión ambiental del Estado quedó plasmado en el artículo 331 que creó la Cooperación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, encargada, entre otras cosas, del “aprovechamiento y preservación del ambiente, los recursos ictiológicos y demás recursos naturales renovables”.

Finalmente, la intervención estatal en el manejo del ambiente y de los recursos naturales, está expresada en forma muy amplia en el artículo 334 ya comentado y reforzado con el artículo 339 que establece que habrá un Plan Nacional de Desarrollo el cual debe contemplar la “política ambiental” que será adoptada por el gobierno, con lo cual hay que reconocer que Colombia se educa como país abanderado en el uso de este instrumento de planificación.

---

## 1. Contexto escolar

### 1.4 Escuela salud y aprendizaje

**\*El estudiante como razón de ser de la escuela y como ser psicobiológico y social interactúa con su medio ambiente. De esta interrelación depende, en gran parte, su aprendizaje, su salud y su calidad de vida.**

El educando es un ser psicobiológico y social y su capacidad de aprendizaje depende del medio social, de las condiciones que le brindan la escuela y la familia, de su estado de salud física, psíquica y genética.

El aprendizaje del alumno puede afectarse si presenta una etiología genética, ambiental, nutricional, traumática o infecciosa que cuando ocurre en los primeros años de vida afecta el desarrollo normal del sistema nervioso central.

Es por ello evidente la estrecha relación que existe entre ambiente, buena salud y aprendizaje efectivo.

Algunas de estas variaciones provienen de características genéticas; otras del estado nutricional y de salud física, y otras de las respuestas del niño a sus experiencias sociales, intelectuales y emocionales. La amplia gama de características normales debe ser recordada cuando se evalúa un niño individualmente.

El educador debe saber que algunas variables de comportamiento en el niño son normales y que la rotulación o manejo de problemas inapropiados de conductas normales puede crear problemas. Una experiencia escolar inicial marcada por fallas y desagradados puede ser seguida por desánimo, desinterés y fallas en el futuro.

---

## 1. Contexto escolar

### 1.5 La escuela y el currículo

**\*Si la escuela es autónoma para elaborar y llevar a cabo participativamente su propio Proyecto Educativo Institucional (PEI), entonces el currículo debe responder a los problemas, intereses, necesidades y aspiraciones del alumno y la comunidad y a la política educativa nacional.**

El ambiente escolar es uno de los factores que interviene en la formación del alumno por cuanto la escuela es la institución en donde se sistematiza, organiza y administra el proceso curricular y es allí donde el ambiente tiene que ser favorable para el aprendizaje.

En cuanto los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias naturales y de la educación ambiental, los estudiantes deben trabajar en un ambiente en donde claramente se establezca y se comprenda el papel de la ciencia y el desarrollo tecnológico, al igual que se desarrolle una actitud de responsabilidad hacia el medio ambiente.

El proceso de administración del currículo puede darse en tres niveles; uno es organizando y vivenciando actividades de interés científico y tecnológico en donde participe toda la comunidad educativa. Esto requiere la participación entusiasta de investigadores y especialistas en las distintas ramas o disciplinas de las ciencias y la tecnología a través de entrevistas, charlas, orientación en un tema específico, etc.; de la participación de los estudiantes en investigaciones y en la elaboración de trabajos que pueden ser de interés general. La feria de la ciencia (Expociencia Juvenil) y los grupos de trabajo ambiental son buen ejemplo para ilustrar este tipo de actividades.

Otro nivel de organización es donde mancomunadamente se pueden desarrollar actividades de tipo intra e interinstitucional (inter-colegiados) de carácter científico, tecnológico y ambiental.

Un nivel más de organización del currículo en relación con el área, hace referencia a la administración y desarrollo de proyectos pedagógicos de ciencias naturales y educación ambiental en cada grado educativo. Implica organizar las actividades y eventos previendo el tiempo y la especificidad de la actividad (cronograma de trabajo).

La organización escolar implica que la comunidad educativa haya llegado a un consenso en cuanto a los grandes logros educativos que se desean alcanzar, además de establecer un “clima propicio para el aprendizaje”. Esto quiere decir que la escuela debe organizar y facilitar el aprendizaje del estudiante ayudándole a abordar problemas de interés, realizando seguimiento a las actividades emprendidas por él, facilitando así su autonomía y creatividad y orientándolo en la búsqueda de información (bibliografía, centros de documentación, especialistas y prácticos, investigadores, laboratorios, etc.).

Dentro de los lineamientos dados por la Ley General de Educación, se mencionan como aspectos fundamentales de orientación, la autonomía y construcción social del currículo a partir del diagnóstico o estudio situacional, para que la escuela diseñe, organice y desarrolle su propio currículo surgido de la realidad.

La construcción participativa y la pertinencia del currículo en el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental tiene que ver con la organización escolar, con las preconcepciones (o esquemas conceptuales) de los estudiantes, así como con el diagnóstico o estudio riguroso permanente del contexto natural y socio-cultural, regional y local donde se lleva a cabo la acción educativa.

El estudio del medio incluye conocer la localidad y la región (lo cotidiano del estudiante) analizado dentro del contexto nacional e internacional. Algunos de los elementos que se deben considerar en el estudio pueden ser en términos generales, los correspondientes a la riqueza regional en cuanto recursos naturales (parques naturales, riqueza hídrica, minera...), en cuanto al desarrollo económico que depende directa o indirectamente de los recursos que ofrece el medio (ejemplos: explotación agrícola y ganadera, explotación minera, explotación de los recursos marinos, etc.), igualmente

es necesario que el estudio este contextualizado dentro de la dinámica social y cultural, específicamente en relación con la tecnología y sus impactos.

Por otro lado es necesario precisar el tipo de investigaciones científicas y de aplicación tecnológica que se llevan a cabo en el ámbito local, regional y nacional y su relación con el desarrollo socio-cultural y económico.

Una vez hecho el estudio-inventario sobre los recursos naturales y niveles socioeconómicos y técnico-científicos existentes y la población humana, es importante que la escuela identifique la problemática objeto de estudio, resultado de la relación hombre-naturaleza-ciencia-tecnología y sociedad.

La problemática a identificar puede estar relacionada con el impacto científico-tecnológico en el medio natural, y con la calidad de vida del hombre, la cual hace referencia a la salubridad ambiental pública e individual; sus causas y consecuencias deben ser tenidas en cuenta.

Del conocimiento del medio y de la problemática ambiental surge la necesidad de utilizar estrategias metodológicas tales como el trabajo por proyectos pedagógicos y el tratamiento de problemas. Al identificar, analizar y tratar de solucionar problemas entran a participar integradamente y/o interdisciplinariamente las diferentes áreas del conocimiento por cuanto ni una sola disciplina ni una sola área pueden abordar satisfactoriamente un problema debido a que éstos en su gran parte son multidimensionales.

Algunas orientaciones para la integración en el diseño y desarrollo curricular (Ministerio de Educación, 1983) han sido elaboradas a través de un trabajo colectivo en el que participaron diferentes estamentos de la comunidad educativa.

En la educación básica primaria, sobre todo en los tres primeros grados, el desarrollo curricular se orienta hacia una máxima integración, teniendo como punto de partida los recursos naturales y en general, el medio ambiente.

En la básica secundaria se trabaja alrededor de proyectos participativos, de interés general, que surgen de la problemática ambiental. Su planteamiento y desarrollo implican integración e interdisciplinariedad al interior del área de ciencias naturales y educación ambiental y con otras áreas del currículo.

En la educación media se proyecta el desarrollo curricular del área, a nivel disciplinar (física, química) pero sin perder el horizonte de la integración y la interdisciplinariedad ya que habrá necesidad de tener en cuenta la biología, la educación ambiental, la geo-química, la fisicoquímica, etc., en determinados momentos. Las instituciones educativas podrán organizar la programación de tal manera que los estudiantes puedan intensificar en ciencias naturales, educación ambiental, ecología y otros campos como lo establecen los artículos 31 y 32 de la Ley General de Educación.

---

## Primera Parte - Referentes Teóricos

### III. Referente Psico-Cognitivo

1. La construcción del pensamiento científico

2. Los procesos de pensamiento y acción

3. La creatividad y el tratamiento de problemas

---

### III. Referente Psico-Cognitivo

#### 1. La construcción del pensamiento científico

Si se analizan exhaustivamente los fines de la educación podemos concluir que la educación en ciencias y en tecnología tiene como finalidad central el desarrollo del pensamiento científico, como herramienta clave para desempeñarse con éxito en un mundo fuertemente impregnado por la ciencia y la tecnología.

Existen diversos trabajos acerca de cómo las personas construimos nuestros conocimientos científicos. Fundamentándonos en estos trabajos planteamos la hipótesis de que el desarrollo del pensamiento científico puede ser dividido en tres grandes períodos llamados: período preteórico, período teórico restringido y período teórico holístico. A lo largo de estos períodos se puede construir pensamiento científico, si como educadores desencadenamos y fortalecemos ciertos procesos formativos en los estudiantes; pero antes de explicitar ciertos procesos, veamos en qué consiste cada uno de ellos:

## **A. Período preteórico**

En este período se pueden distinguir dos etapas. En la primera, que podemos llamarla de confusión entre descripción y explicación, el estudiante es capaz de hacer descripciones de objetos y sucesos, pero no es capaz de distinguir la descripción de un suceso de su explicación.

En la segunda etapa, el estudiante es capaz de distinguir las explicaciones de las descripciones y hace explicaciones subsuntivas: explica un suceso mostrándolo como un caso particular de una relación general. Esta etapa se denomina como etapa de las explicaciones subsuntivas.

## **B. Período teórico restringido**

Este período se compone de una etapa en la que el estudiante hace explicaciones acudiendo a conceptos teóricos y a relaciones entre leyes interconectadas lógicamente. Pero estas explicaciones se mantienen restringidas al campo relativo al fenómeno explicado.

## **C. Período teórico holístico**

Este período se compone de dos etapas. La primera llamada de las explicaciones generales en la que el estudiante es capaz de hacer explicaciones acudiendo a conceptos teóricos y a relaciones entre leyes interconectadas lógicamente, sin restringirse, como en el período anterior, a las relaciones dentro del campo del fenómeno explicado, sino por el contrario con la capacidad de establecer relaciones entre este campo y otros campos dentro de la disciplina, mostrando la capacidad de integrar el conocimiento disciplinar mediante una teoría general (una teoría física o biológica, por ejemplo).

La segunda etapa llamada de las explicaciones generales holísticas se caracteriza por la capacidad que tienen los estudiantes de esta etapa de hacer explicaciones generales como las de la primera etapa de este período, pero además son capaces de establecer relaciones entre las diversas teorías generales disciplinares (entre la física y la química, y la biología y la ecología) conformando así una gran teoría holística sobre el mundo de lo natural que se puede integrar con una teoría holística sobre lo social permitiéndole así tener una cosmovisión gracias a la cual puede situarse a sí mismo en su mundo en el contexto de un proyecto personal de vida.

---

# **III. Referente Psico-Cognitivo**

## **2. Los procesos de pensamiento y acción**

Cuando un niño se enfrenta a un fenómeno o un problema nuevo lo hace desde su perspectiva: desde el sistema de conocimientos que ha podido construir hasta el momento. En otras palabras, gracias a un conjunto de conocimientos relacionados entre sí mediante una cierta lógica<sup>6</sup>, el niño, al igual que la persona adulta, aborda lo nuevo desde el punto de vista que este conocimiento le determina. Esta perspectiva posibilita, entre otras cosas, una cierta cantidad de expectativas acerca de lo nuevo. El niño (y la persona adulta también) actúa sobre lo nuevo orientado por estas expectativas: lanza hipótesis, asume que si hace esto o lo otro obtendrá tal o cual resultado, o que se observarán tales o tales otros cambios en un determinado tiempo.



Estas expectativas pueden corresponder o no con lo que en realidad sucede. Si lo observado y lo que se esperaba observar concuerdan, el sistema de conocimientos se encuentra “en equilibrio” con los procesos del Mundo de la Vida. En caso contrario, se presenta un desequilibrio que el sujeto que conoce intentará eliminar tan pronto como lo registre.

La reequilibración entre las teorías y los procesos naturales se logra gracias a una modificación del sistema de conocimientos. El alumno, después de estar seguro de que puede dar crédito a lo que observa, realiza cambios en su sistema de conocimientos para que lo observado sea una consecuencia lógica del conjunto de proposiciones que expresan el sistema de conocimiento. Si lo logra, obtendrá un nuevo sistema de conocimientos que se equilibra con lo que hasta ahora conoce de los procesos del Mundo de la Vida y, en consecuencia, habrá construido nuevos conocimientos acerca de él. Pero, al mismo tiempo, se habrá situado en un punto de vista diferente que le permite ver cosas nuevas en los procesos del Mundo de la Vida, que antes le eran totalmente “invisibles”. Esta nueva perspectiva y los nuevos procesos visibles para él, lo llevarán a nuevos desequilibrios que tendrá que eliminar recorriendo este ciclo una y otra vez.

Distinguiamos pues tres momentos importantes en la construcción de un nuevo conocimiento<sup>7</sup>: 1) El momento de un primer estado de equilibrio que nos hace concebir los procesos del Mundo de la Vida de una cierta manera y esperar de él que se comporte dentro de un cierto rango de posibilidades. Lo hemos denominado el momento de las expectativas<sup>8</sup>. 2) El momento en que lo observado entra en conflicto con lo esperado; es el momento del desequilibrio. 3) El momento en que se reorganiza el sistema de conocimientos para llegar a un estado de equilibrio más evolucionado; lo hemos llamado el momento de la Reequilibración Mejorante.

Tomemos un ejemplo sencillo para ilustrar estos diversos momentos. Un niño de un año de edad a la hora del baño se da cuenta de los finos chorros de agua que salen de la ducha. Gracias a su sistema de conocimientos acerca de los objetos, él tiene la expectativa de que “ese nuevo objeto” sea aprehensible en la forma como lo son los hilos o cintas que cuelgan de alguna parte<sup>9</sup>, y para los cuales cuenta ya con un esquema de prensión: tomarlos con la punta del pulgar opuesta a las puntas de los demás dedos. Pero cuando el niño trata de coger esos “hilos de agua” fracasa: los hilos “se escapan” sin oponer la resistencia característica de los sólidos al aplicarles una fuerza. El niño trata una y otra vez, y una y otra vez fracasa. Intenta entonces con otros esquemas; intenta cogerlos como se cogen los objetos gruesos, como se cogen las hojas de papel, como se cogen los balones (con las dos manos), como se cogen las barandas de la cuna... Pero todos los intentos son fallidos. Su sistema de esquemas de prensión se encuentran en desequilibrio. En efecto, las expectativas no se han cumplido y el objetivo de coger los “hilos de agua” no se ha alcanzado. Para re-equilibrar su sistema de conocimientos con el mundo al que éste se refiere, es necesario modificarlo (en palabras de Piaget se diría que es necesario acomodar las estructuras de conocimiento). En este caso, es necesario incluir dentro del conjunto de propiedades de los líquidos, cuando se encuentran en caída libre (como diría un adulto) la de parecerse a algunos objetos sólidos. Por otro lado, es necesario incluir un nuevo esquema de acción; recoger el agua en caída libre. Este nuevo estado de equilibrio es mejor que el anterior puesto que le permite al niño coger todos los objetos que cogía con el sistema de esquemas anterior y, además, puede recoger el agua, lo que antes le era imposible.

Tomemos ahora un ejemplo menos sencillo. Un estudiante de biología, sin que nadie le haya enseñado, puede haber construido la siguiente generalización: “Ave (o pájaro como diría un niño) es un animal que vuela”. Además puede haber postulado esta “ley”: “Entre los seres vivos, sólo los pájaros y algunos insectos vuelan”. Al ver un murciélago el estudiante, gracias al conocimiento que tiene hasta el momento, lo verá como un pájaro. Pero cuando en clase le dicen que es un mamífero (como los perros o los gatos) o cuando observa un murciélago de cerca y se da cuenta de que se parece más a un ratón con una especie de alas sin plumas, sus esquemas de conocimiento entran en desequilibrio. Tendrá que cambiar su ley y decir algo así como: “Entre los seres vivos sólo los pájaros, algunos insectos y algunos mamíferos vuelan”. Por otro lado, algún día puede darse cuenta de que los pingüinos y los avestruces (y en cierta medida las gallinas), siendo aves, no vuelan. Ante esta nueva circunstancia tendrá que cambiar de nuevo sus esquemas de conocimiento. Tendrá que cambiar su definición de ave, por ejemplo. Algo similar le sucederá con el concepto de “pez” cuando se dé cuenta de que las ballenas y los delfines son también mamíferos.

---

<sup>6</sup> Esta lógica es, en un principio, una “lógica infantil” que después se transformará en la lógica que todos los adultos comparten y que hace parte de la que estudian los lógicos.

<sup>7</sup> En cada uno de estos momentos se pueden distinguir otros, dependiendo del nivel de detalle con el que se quiera estudiar el proceso.

<sup>8</sup> Cada uno de estos momentos corresponde a cada una de las tres columnas que conforman la gran columna sobre procesos de pensamiento y acción, del cuadro que resume la propuesta de estructura general del currículo.

<sup>9</sup> Cuando el agua cae en forma de chorro continuo tiene la apariencia de un objeto sólido.

### III. Referente Psico-Cognitivo

#### 3. La creatividad y el tratamiento de problemas

##### Algunos supuestos de base

##### **\*Para ser creativos es más importante tener disciplina y dedicación al trabajo que inspiración**

En una sociedad como la actual, caracterizada por el desarrollo científico-tecnológico acelerado e intenso, es insensato pensar que un ser humano se pueda desarrollar en forma plena si no cultiva su capacidad para pensar científicamente.

El elemento más importante y menos mencionado cuando se habla del pensamiento científico en el momento de proponer soluciones a un problema, es la imaginación. En este proceso participan diversas habilidades de pensamiento. Una de ellas es la distinción entre lo posible y lo imposible, y hacer un despliegue completo y ordenado de lo posible. Otra es el establecimiento de posibles relaciones entre objetos y eventos conocidos; en otras palabras, la habilidad de formular hipótesis. Ellas deben ser tales que sea factible establecer si además de ser posibles son reales. Otra habilidad importante es la de establecer analogías y la de construir modelos mentales. Las analogías permiten, mediante una comparación de algo conocido con algo nuevo, entender mejor aquello que se desconoce de lo nuevo. La construcción activa de modelos mentales permite explicar los fenómenos modelados. El poder explicativo, o mejor, la capacidad de predecir y controlar los fenómenos modelados, depende directamente de la naturaleza de los modelos imaginados.

Otro elemento que poco se menciona es la crítica. Como se dice en otras partes de este documento, la crítica nos permite diferenciar los problemas reales de los pseudoproblemas; los importantes y productivos de los irrelevantes y triviales. También nos permite distinguir las soluciones acertadas de las falaces; las verdaderas de las falsas. Nos permite identificar las teorías coherentes y promisorias de las inconsistentes o hipostáticas.

Otro elemento menos olvidado últimamente es el de la comprensión. Para poder criticar o poner a prueba una teoría es necesario comprenderla. Esta comprensión supone la habilidad de analizar, desmembrar sus elementos para entenderlos en forma individual y después reconstituir el todo mediante la síntesis. En la síntesis hay una nueva construcción (recomposición) a partir de los elementos del análisis. La síntesis requiere de otra habilidad como es el manejo de sistemas simbólicos (como un lenguaje natural o un sistema lógico-matemático). Sólo dentro del contexto de estos sistemas simbólicos y por medio de ellos, son posibles las ideas y se pueden vincular con las experiencias las cuales, en forma similar, sólo son posibles gracias a ellos.

Otro elemento que se menciona cada vez con mayor frecuencia es la motivación. Esta motivación no es otra cosa que el amor por el conocimiento; tal vez sea más fácil decir que quien posee esta motivación permanece en "actitud filosófica". Quien adopta esta actitud siente siempre curiosidad ante el mundo; desea siempre saber, y con mucha mayor fuerza a medida que conoce más. Cuando logra conocer siente placer; éste, al igual que la curiosidad, se renueva y se incrementa a medida que el conocimiento es mayor y más profundo.

Otros dos elementos muy importantes y bastante conocidos son la observación objetiva y cuidadosa y la experimentación rigurosa. Estos procesos son eminentemente activos. Son habilidades comportamentales que, como tales, son susceptibles de observar.

Todos estos elementos se encuentran comprendidos y articulados en el concepto de creatividad.

En lo que sigue, intentaremos aportar algunas ideas en torno a lo que es un proceso creativo. Algunas de ellas han sido tomadas de David Perkins (1981) y otras de Roger Garret (1988), y se han recontextualizado dentro de la perspectiva de la construcción de un marco general de referencia para la enseñanza de las ciencias en Colombia.

Muchas son las ideas que se tienen acerca de la creatividad. Para unos, tiene que ver con la solución de problemas; para otros, es la concepción de algo nuevo que da como resultado un invento; otros afirman que es la facultad del espíritu para reorganizar de forma original algún estado de cosas; otros, más metódicos, dicen que es el proceso que tiene lugar entre sus elementos clave: la sensibilidad, flexibilidad o movilidad, imaginación, trabajo o elaboración, y compromiso con la acción (Aldana, 1990).

Todas estas ideas tienen mucho de cierto, y, lo que es más importante, permiten plantear muchos interrogantes. ¿Todas las personas pueden ser creativas? Si todas las personas no tienen la cualidad de ser creativas, ¿entonces quiénes son las que poseen esta cualidad? ¿Qué tiene que ver la inteligencia con la creatividad? ¿Gracias a un proceso educativo un individuo puede volverse creativo?

Ninguno de estos interrogantes tiene una respuesta satisfactoria, sin embargo existen estudios que, por lo menos, nos permiten precisar mejor nuestras preguntas y aclarar nuestras nociones acerca de la creatividad.

Podríamos retomar lo que hasta ahora hemos señalado integrando todos estos elementos en torno al concepto de proceso creativo.

En un proceso creativo se pueden identificar tres momentos, estrechamente ligados e indisolubles de importancia central: la comprensión, la imaginación y la crítica.

La comprensión exige la formación de una estructura de pensamiento en la que un problema pueda ser formulado en términos de una teoría que cuente con los conceptos y leyes necesarias para construir una posible solución. La construcción de esa solución es precisamente el momento de la imaginación en donde lo novedoso, lo inédito, lo nunca visto hasta el momento, se trata de articular en el contexto de la teoría para responder ante la situación problema. La imaginación es el momento del razonamiento plausible, de la combinación de conocimientos anteriores. El resultado obtenido de esa nueva combinación puede llevar a la solución del problema o puede ser simplemente un intento fallido. Si se trata de este último caso, puede generarse una crisis en la teoría que desembocará en una reformulación o en su muerte. Este momento de la evaluación de los resultados es el de la crítica. Es el momento de la aplicación de esquemas, principios, convicciones, requerimientos, que permiten distinguir los productos de la imaginación que son valiosos, de aquellos que son triviales, torpes, incongruentes e inútiles.

La preparación de un individuo para poder encontrarse en un proceso creativo exige la formación de una buena cantidad de destrezas. La comprensión de un problema exige un trabajo arduo, persistente y serio. Una verdadera comprensión no se logra sino dentro del contexto de una comunicación franca entre educadores e investigadores (el educador debe ser al mismo tiempo un investigador que interactúa en una comunidad científica educativa), entre educandos e investigadores (no es posible desarrollar creatividad si lo que se exige de los educandos es que aprendan únicamente resultados o datos) y entre educadores y educandos (es imposible que el educador desarrolle la creatividad en sus educandos si él mismo no es creativo). Esta comunicación debe ser franca en el sentido de que en ella no debe mediar otro interés diferente del de la búsqueda de la verdad. Son pues de gran importancia la tolerancia y el respeto por las ideas ajenas; sin ellos la comunicación franca es imposible.

El momento de la imaginación exige niveles muy bajos de ansiedad ante la incertidumbre; una gran disposición al riesgo. Exige también coraje, paciencia y persistencia para enfrentar un determinado problema de diversas maneras. Baudelaire decía que la poesía es más un asunto de transpiración que de inspiración. Porfirio Barba Jacob pensaba tantas variantes de un mismo verso que tenía que escribirlas en pequeñas papeletas y utilizar todo el espacio de la pared de su cuarto para pegarlas y poderlas leer alternativamente. La imaginación exige que el individuo se sitúe en los límites de sus capacidades y esté en buena disposición de “correrlos” permanentemente.

El momento de la crítica exige una gran resistencia a la frustración. El fracaso no puede ser visto como motivo para abandonar la lucha sino como elemento propio de la búsqueda de la verdad. El fracaso sólo debe avivar el interés por el problema y debe ser un elemento importantísimo dentro del análisis que conduce a nuevas alternativas.

Los individuos creativos se rigen siempre por criterios estrictos y exigentes, procuran siempre lograr un buen equilibrio entre subjetividad y objetividad, para lo cual conocen el inmenso valor de la discusión sincera. Aceptan con facilidad la confusión y la incertidumbre; los altos riesgos no les asustan y el fracaso lo conciben como parte del proceso creativo. En el momento de la crítica pueden dejar a un lado los compromisos emocionales con su trabajo y son capaces de considerar diferentes puntos de vista sobre un mismo tópico. No se apresuran para concluir una determinada obra. Por el contrario dejan de lado los resultados parciales o finales durante algún tiempo para volver sobre ellos con la posibilidad de criticarlos guardando una distancia saludable.

El desarrollo de la creatividad se debe entender como un proceso largo y continuado en donde lo más importante es que el estudiante sienta el placer de la creación. Si el profesor es capaz de hacer sentir este placer a través de su propia actitud, ha logrado cumplir con la condición más importante para que el estudiante sea cautivado por ese tipo de placer. Este placer debe estar acompañado por otra motivación intrínseca al individuo como es el amor por la verdad y la belleza y éste sólo se puede desarrollar en una comunidad educativa en la que él impere.

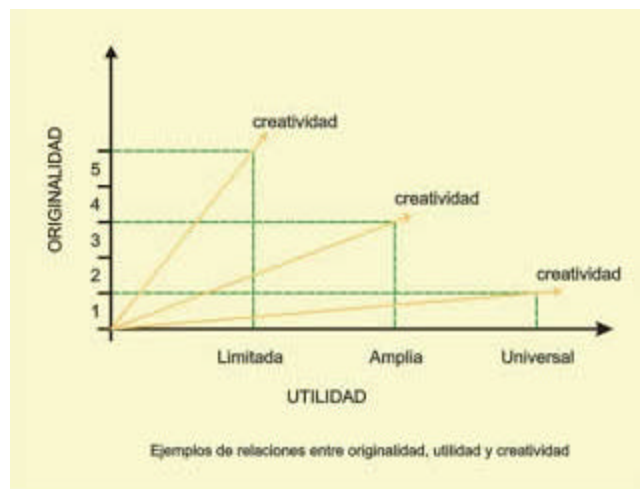
Además de las propiedades que hemos señalado hasta el momento, podríamos señalar otras dos. La primera, ha recibido el nombre de flexibilidad; ella se concibe como la capacidad de enfrentar y de analizar los problemas desde

diferentes perspectivas o puntos de vista. De una persona que posee una gran flexibilidad decimos que es recursiva. Esta propiedad se contrapone a la rigidez; una persona rígida es aquella que encuentra imposible cambiar de punto de vista para la comprensión y solución de un problema e intenta, sin éxito, algunas alternativas de solución desde esa única perspectiva.

La segunda es la originalidad. Es la capacidad de lograr un producto nuevo; nunca visto hasta el momento. Un producto que da solución a un problema importante o que llena un vacío existente hasta el momento y plantea nuevos problemas de gran interés. Lo opuesto a lo original es lo trivial, lo convencional; lo que no aporta ninguna innovación; lo conocido y repetido por varios en diversas circunstancias.

Por otra parte se cree que “la creatividad, es la capacidad para enfrentar problemas” (Garret, 1988). Se concibe el proceso creativo en una situación problemática, sin implicar necesariamente el acto final de la solución, como una relación donde la creatividad resultante, depende de la utilidad y de la originalidad involucradas. La utilidad puede ser: a) limitada, b) amplia, c) universal, en tanto que la originalidad comprende estadios que van desde 1) la aplicación estándar de conceptos viejos, pasando por 2) la aplicación nueva de conceptos viejos, 3) la aplicación estándar de conceptos nuevos y 4) las nuevas combinaciones de conceptos, hasta 5) nuevos conceptos.

La siguiente gráfica nos permite visualizar dicha concepción:



Por tanto, Garret sugiere que la solución de problemas de máxima creatividad, debe incluir la utilidad y la originalidad. ¿Qué trascendencia puede tener una idea altamente original pero sin ninguna utilidad? Lo mismo ocurriría cuando se tiene una idea útil, pero sin ninguna originalidad. La creatividad es como un todo, en que la originalidad y la utilidad se complementan armónicamente.

Algunos investigadores han trabajado en la formulación y solución de problemas y parece haber un consenso en cuanto a la existencia de problemas cerrados y problemas abiertos. Los primeros presentan datos e incógnitas y en su solución se espera una respuesta correcta, por ejemplo: ¿qué tiempo demoran los rayos de luz emitidos por el Sol para llegar a la Tierra? Quien resuelve este tipo de problemas posee una información que le permite llegar a la solución del problema y sabe cuándo ha llegado a resolverlo. Los problemas abiertos no tienen datos definidos, carecen de una solución única, es decir, se puede llegar a varias respuestas que pueden ser correctas o incorrectas, según sean las circunstancias. Por ejemplo: si un niño se plantea el siguiente problema: ¿por qué de una semilla sale una planta? Ante esta situación encontrará diversidad de respuestas, dependiendo de la forma como se aborde, pero lo importante es que en su solución los alumnos tienen entre otras, la posibilidad de precisar el problema, emitir hipótesis, elaborar estrategias y llegar a resultados que deben ser cuidadosamente analizados viendo su significado, implicaciones, etc. Sin embargo, las dos clases de problemas (cerrados y abiertos) tienen algo de común: la búsqueda de solución o la comprensión del hecho o fenómeno.

Garret ha llamado a estos problemas “rompecabezas” y afirma que no son verdaderos problemas. ¿Pero qué es un problema verdadero, real, y cómo se distingue de un pseudo problema?

Desde nuestra perspectiva el verdadero problema está relacionado con la construcción de nuestro mundo teniendo como base lo real, lo que afecta nuestros sentidos. Todos los seres humanos, los adultos, los adolescentes, los niños, todos, concebimos lo real de alguna manera. Nuestra concepción de lo real es precisamente lo que llamamos nuestra realidad o nuestro mundo.

Estas concepciones están influidas por nuestra cultura y dependen en gran medida de nuestra edad, de nuestro pasado, de nuestras circunstancias. Un niño del campo, para tomar un ejemplo, concibe la vida en forma muy diferente de como la concibe el niño de la ciudad. Y un adolescente del campo concibe la vida diferente de como la concibió cuando era niño. Todos ellos tienen realidades diferentes. Incluso si el adolescente campesino emigra a la ciudad seguirá concibiendo la vida de forma diferente; la verá de forma diferente (se dice cotidianamente); la ciudad misma la concebirá diferente o, como también se dice cotidianamente, "la verá con otros ojos". Cada uno pues tiene su propia realidad que es diferente de la de los demás.

La discusión científica tiene como uno de sus objetivos llegar a acuerdos entre las diversas realidades de cada uno de los científicos. Para ello unos y otros deben cambiar sus concepciones atendiendo a los buenos argumentos de sus colegas. Se construye así en grupo una realidad sobre la cual existe un acuerdo entre los que conforman el grupo de científicos.

Cuando uno concibe lo real de una cierta manera y resulta que gracias a una observación o a un intento fallido de modificar algo de lo real nos damos cuenta de que lo real no encaja bien en nuestra concepción, en nuestra forma de entenderlo, nos vemos ante un problema que, para distinguirlo de otras clases de problemas lo llamaremos un problema cognitivo.

Cuando este tipo de problemas cognitivos se dan en el contexto de una comunidad científica, se habla de problemas científicos.

Podemos definir entonces un problema cognitivo como la imposibilidad que experimenta un individuo de prever, desde su forma de concebir lo real, algo que sucede en lo real.

Un problema así entendido puede presentarse de dos formas. La primera se da cuando ocurre algo inesperado: según la forma de concebir lo real algo que sucede no podía ser visto como posible. Sucede pues algo inesperado para la persona; algo que aunque no lo había pensado como imposible tampoco lo consideraba como posible. Este caso lo llamaremos un problema por insuficiencia; en efecto, la forma de concebir lo real resulta ser insuficiente para dar cuenta de él.

La segunda se da cuando ocurre algo que según la forma de ver lo real era imposible que ocurriera. En otras palabras, algo que creíamos imposible, en efecto ocurre; no es algo inesperado: es algo que se consideraba imposible. Este caso lo llamaremos un problema por incongruencia: lo que sucede "contradice" lo que el modelo "dice" que puede o debe suceder en determinadas circunstancias.

La insuficiencia o la incongruencia pueden darse en el momento en que el estudiante (y en general cualquier ser humano) se encuentra ante un nuevo fenómeno sin haberlo buscado. Pero puede también ocurrir después de que él ha realizado una buena cantidad de actividades en forma consciente (tales como preguntar, buscar información, probar qué pasaría si tal cosa sucediera...), dirigidas a ampliar su concepción del mundo, movido por una emoción connatural del ser humano muy importante: la curiosidad. Esta emoción mantiene a todo ser humano en actitud de búsqueda, de pregunta. El establecimiento de un clima de investigación científica en el salón de clases debe preocuparse ante todo por mantener y, todavía mejor, incrementar esta emoción humana. Señalemos de paso que uno de los peores perjuicios de las guías de laboratorio tradicionales es precisamente que acaban con esta emoción.

Para cada uno de estos dos tipos de problemas existe un tipo de emoción característico. Cuando nos encontramos un problema por insuficiencia experimentamos el asombro. Cuando nos encontramos ante un problema por incongruencia experimentamos el desconcierto. Estas emociones juegan un papel sumamente importante en la enseñanza. Ellas son el motivo, el motor que mueve al alumno para tratar de reducir el estado de desequilibrio (por insuficiencia o por incongruencia) en el que se encuentra el estudiante cuando se halla ante un problema de cualquiera de las dos clases que hemos definido. Estas emociones son tan importantes que podríamos decir que el éxito de un problema depende del hecho de que pueda o no originar en los alumnos estas emociones. Tenemos entonces que la mejor forma de saber si un tópico es desequilibrante es constatar si los problemas que éste genera producen curiosidad o asombro.

Existen dos formas de llegar a un problema. La primera es cuando el estudiante mismo llega a un estado de desequilibrio como consecuencia de su acción (en especial de su acción intelectual). En este caso lo llamamos un problema espontáneo. La segunda es cuando el profesor induce el estado de desequilibrio mediante una pregunta, mostrando un fenómeno inesperado, o señalando alguna contradicción. En este segundo caso lo llamamos un problema inducido.

Existen también tres circunstancias en las que se puede suscitar, producir el problema. En el primer caso el problema se origina en el momento de observar un nuevo acontecimiento, un nuevo proceso; hablamos entonces de un problema empírico. En el segundo caso, el problema surge al tratar de entender nuevos procesos con una nueva manera de concebir lo real. En este caso hablamos de un problema teórico-experimental. En el tercer y último caso el problema

surge cuando se hace un análisis lógico-matemático de las teorías científicas que son una forma muy especial de concebir lo real; hablamos en este caso de un problema teórico.

Existen algunos casos especiales de la segunda clase (la de los problemas teórico experimentales) que vale la pena señalar aparte: los casos en los que el experimento que se realiza cuando se trata el problema no es un experimento real: se trata del caso de los experimentos mentales.

Los problemas espontáneos son sin duda los de mejor pronóstico. En efecto, se tiene asegurado el componente emocional que causa la acción intelectual dirigida, en palabras de Piaget, hacia la reequilibración mejorante. No debe entonces dejarse pasar la oportunidad de trabajar en los problemas espontáneos que a menudo se presentan en el salón de clases o en el laboratorio.

Es recomendable empezar con problemas empíricos o con problemas teórico-experimentales que permitan diseñar y realizar ex-pe-ri-mentos que posibiliten dirimir argumentos encontrados (tesis y antítesis).

Pero, sin duda, lo más importante es conocer las teorías y modelos de los estudiantes para poder plantear situaciones, hacer preguntas, mostrar fenómenos o realizar cualquier otra actividad que ponga en crisis, que desequilibre (por insuficiencia o incongruencia) las teorías y modelos de los estudiantes.

En ocasiones se aplica también el término problema a una cuestión que en realidad es un simple ejercicio. Los problemas exigen del sujeto el aporte de algo nuevo, desconocido hasta entonces, mientras que los ejercicios apenas suponen la aplicación de lo ya conocido a un ejemplo más pues el alumno debe esforzarse en una interacción entre la pregunta y el intento individual de responder a esa pregunta.

Muchos de los “problemas” que usualmente se trabajan en las clases de física y química, son en realidad simples ejercicios, lo cual conduce a que los alumnos prefieran un adiestramiento en técnicas que les proporcionen de modo automático la respuesta, a un razonamiento con procesos que impliquen innovación, descubrimiento, desequilibrio con los saberes previos, creatividad y, en definitiva, esfuerzo mental, y como consecuencia, muchas personas no culminan a lo largo de su vida la plena adquisición de las operaciones formales, siendo estas operaciones imprescindibles para la comprensión de un curso de ciencias a nivel medio (física y química).

El tratamiento de problemas exige el uso de operaciones formales, es decir, exige razonamiento hipotético-deductivo, lo cual implica análisis y comparación de varias combinaciones y posibilidades. Por ejemplo, el balance de una ecuación química puede requerir pensamiento formal si el alumno necesita establecer una hipótesis. Por ello, con frecuencia el ajuste de una ecuación por el método del ión-electrón exige pensamiento formal, mientras que hacerlo por el número de oxidación, puede requerir solamente de rutinas que se pueden aprender de memoria.

Para desarrollar todos estos procesos de pensamiento y acción, el estudiante debe verse en situaciones en las que se le exija ir perfeccionando las habilidades de pensamiento y acción con las que llega a la escuela y que configuran procesos que se han desarrollado naturalmente dentro de un contexto socio-cultural en virtud de la naturaleza biológica del ser humano.

Cuando el niño llega por primera vez a la escuela cuenta ya con una gran cantidad de habilidades, capacidades y conocimientos fundamentales. La gran importancia de ellos escapa al sentido común y por ello no es extraña la tendencia a ignorarlos. Examinemos algunos ejemplos con el fin de darle un contexto claro a la reflexión que deseamos hacer acerca del desarrollo que el ser humano, como ser integral, debe poder llevar a cabo durante su vida en la escuela.

En sus primeros años de vida, fuera de la escuela, el niño ha aprendido a moverse a través de su espacio inmediato en una forma lo suficientemente fina como para desplazarse de un lugar a otro según su voluntad; para alcanzar, transportar o lanzar objetos; para ubicar sitios y ubicarse a sí mismo con respecto a ellos. Estas habilidades lo ponen en capacidad de interactuar con sus padres o con otros niños a través del juego y muchas otras actividades. El ejercicio de estas habilidades, por otro lado, le ha permitido desarrollar un esquema o modelo de espacio que le será útil a su vez para desarrollar habilidades todavía más complejas.

Ha aprendido a identificarse a sí mismo como ser diferenciado de su entorno físico y de los demás seres que lo rodean. Ha aprendido a que a veces siente hambre o frío y cómo puede actuar para eliminar estas sensaciones desagradables. Ha aprendido a distinguir la alegría de la tristeza, el agrado del desagrado, la diversión del aburrimiento y también ha desarrollado la capacidad de actuar sobre todos estos sentimientos opuestos. Ha aprendido que él es un ser capaz de recordar, soñar e imaginar. Ha aprendido que existen cosas bellas y cosas feas; cosas que no se deben hacer y cosas que sí están permitidas y otras que son deseables.

La lista podría hacerse muy extensa. No mencionaremos sino un elemento más; el más importante sin lugar a dudas: el niño ha aprendido a hablar. Dueño del lenguaje, el niño no solamente puede comunicarse y expresarse sino que inicia un proceso de construcción de "teorías" acerca del mundo físico, del mundo social y de su propio yo. Desde el momento en que el niño adquiere el lenguaje, éste será su forma de vida individual y social, su posibilidad de comprender el mundo, el único medio de trascender el presente y proyectarse al futuro y retroproyectarse al pasado.

Pero todo lo que el niño ha aprendido antes de ingresar a la escuela está muy lejos de ser un producto terminado. Se trata más bien de una etapa necesaria dentro de un proceso que se prolongará durante toda la vida y en el que la escuela juega un papel importantísimo, pues los logros y fracasos que el niño obtenga en ella tendrán profundas implicaciones en todas las demás etapas.

Los desarrollos previos a la escuela dan origen, en forma directa o indirecta, a todos los elementos constitutivos de lo humano y la misión de toda la comunidad educativa debe ser la de buscar el desarrollo en forma integral de todos ellos. La planeación curricular debe ser coherente con esta integralidad y con la armonía que debe existir entre todas las áreas de conocimiento que se hacen presentes en la escuela y que persigue un objetivo central: el desarrollo humano de las nuevas generaciones. Ello implica, entre otras cosas, desarrollar el pensamiento científico sin dejar de lado el pensamiento estético y el ético. Desarrollar la capacidad de vivir en comunidad sin descuidar la individualidad; desarrollar el respeto por las reglas de convivencia sin olvidar las emociones y los deseos individuales.

De manera más específica, y para abordar el tema que nos ocupa, la educación en ciencias, la integralidad y la armonía exigen que se desarrollen los procesos de pensamiento y acción propios del quehacer científico sin dejar de lado la reflexión ética acerca de los efectos que estos procesos conllevan; exigen también que no se desconozcan en forma artificial los estrechos vínculos entre el pensamiento científico y el placer estético y entre la producción artística y el pensamiento metódico y disciplinado.

Si bien no desconocemos estos vínculos y la necesidad de armonía e integralidad, vemos también la necesidad de profundizar y especializar el conocimiento pedagógico y su praxis. La enseñanza de las ciencias comparte muchos principios de la enseñanza de otras áreas pero también posee propiedades específicas que la diferencian de las demás.

### **\*El desarrollo del pensamiento científico es parte fundamental del desarrollo integral humano**

Si se preguntara si existe alguna relación entre las humanidades y el desarrollo humano, nadie dudaría en responder afirmativamente. Pero si se hace este mismo tipo de pregunta para las ciencias, la respuesta, en el caso de que sea afirmativa, es sin duda mucho más tímida. Creemos entonces necesario señalar la importancia que tiene el desarrollo de los procesos de pensamiento y acción propios de la ciencia dentro del desarrollo humano.

No cabe duda de que sólo unos pocos estudiantes que pasan por la escuela primaria y secundaria dedicarán sus vidas a la ciencia. Nadie piensa entonces que la enseñanza de la física, la química o la biología tengan, a este nivel, como fin primordial la formación de científicos. Pero tampoco cabe duda de que la escuela debe formar ciudadanos preocupados por construir una sociedad cada vez más justa que permita la realización personal de todos los individuos que la componen. El desarrollo de los seres humanos no puede concebirse sino dentro del contexto de un sistema social. El nuestro es un sistema determinado profundamente por la ciencia y la tecnología y quien no las entienda encontrará siempre fuertes impedimentos para desempeñarse en ella como una persona activa y productiva.

En efecto, un individuo sin una buena formación en ciencia no podrá enfrentar problemas desconocidos en forma exitosa, pues no es posible el hallazgo de nuevas soluciones sin enfrentar los problemas sociales y del mundo físico en forma científica. En particular, los graves problemas de energía y de recursos naturales que los ciudadanos de un futuro muy cercano tendrán que enfrentar y que actualmente estamos ya enfrentando, necesitan un enfoque científico que permite entender nuestro universo como sistema en el que es imposible variar ciertas dimensiones sin variar necesariamente otras. Un respeto inteligente por la naturaleza debe imponerse para que el uso torpe de la tecnología no acabe con el único planeta, hasta ahora, del cual dispone el hombre para vivir. No es posible que se siga aplazando el momento en que todos los seres humanos entiendan que sus vidas dependen de las de otros organismos y que la de ellos depende del entorno físico.

Pero no se necesita señalar los problemas más graves que el ser humano debe enfrentar para ver claramente la necesidad de una buena formación científica. Para la gran mayoría de los pequeños problemas cotidianos que cualquier ciudadano enfrenta a diario, es necesario contar con una mente científica. En otras palabras, es necesario poder tratar adecuadamente evidencias sobre supuestos hechos; llevar a cabo procedimientos sencillos de naturaleza cuantitativa; razonar y argumentar lógicamente; enfrentar los posibles hechos futuros manejando adecuadamente la incertidumbre que sobre ellos hay; imaginar, evaluar y criticar posibles alternativas de solución.

Los grandes beneficios de la ciencia y la tecnología que incrementan el potencial humano difícilmente serán entendidos

si los ciudadanos en general no la entienden, si no están familiarizados con sus problemas y con sus limitaciones. Quien es totalmente ajeno al pensamiento científico será siempre presa fácil del dogmatismo y el fanatismo; adoptará fácilmente posiciones fatalistas ante la vida y podrá atribuir una situación precaria e indeseable a la mala suerte o al destino; por otro lado, sin ser menos importante que lo anterior, desconocerá el profundo placer intelectual que el conocimiento científico, como cualquier otra forma de conocimiento, proporciona. A nuestra manera de ver, cualquier forma de alejamiento del conocimiento científico no puede producir otra cosa que un empobrecimiento de la calidad de vida del ser humano muy similar a las formas de empobrecimiento causadas por el alejamiento del arte o la filosofía.

Hemos hablado de formar mentes científicas y de desarrollar los procesos de pensamiento y acción propios de la ciencia. Es importante señalar que al hacer este tipo de sugerencias no se está indicando que se debe incrementar el contenido de los programas de ciencias. Por el contrario, se trata más bien de hacer énfasis en los aspectos importantes del razonar científico y dejar de lado el almacenamiento memorístico de datos y principios.

---

## Segunda Parte: Implicaciones Pedagógicas y Didácticas

### 1. Pedagogía y Didáctica

### 2. Objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales y educación ambiental

---

## Segunda Parte: Implicaciones Pedagógicas y Didácticas

### 1. Pedagogía y Didáctica

Al explicitar los referentes teóricos para el área, hemos considerado conveniente hacer algunas reflexiones sobre las implicaciones que éstos tienen en la pedagogía y la didáctica, ya que el manejo de estos elementos se refleja en la calidad de la enseñanza y del aprendizaje.

Los conceptos de pedagogía y de didáctica tienen varias acepciones:

Algunos sitúan la pedagogía dentro de un contexto histórico y señalan que “con el correr del tiempo, los miembros de las comunidades sintieron la necesidad de comunicar a sus hijos sus saberes, sus valores, sus tradiciones, sus convicciones, sus creencias, sus oficios... En la medida en que las prácticas educativas avanzaron y evolucionaron, esta práctica se fue sistematizando y así se fue construyendo un cuerpo teórico, que a su vez se constituye en punto de apoyo y en orientador de la práctica en mención. Surge entonces la pedagogía como una disciplina del conocimiento”<sup>10</sup>.

Otros consideran la “Pedagogía como el conjunto de enunciados que pretenden orientar el quehacer educativo confiriéndole su sentido. Este sentido puede ser buscado hermenéuticamente mediante la reconstrucción del horizonte cultural, dentro del cual ese quehacer puede ser interpretado como relevante, congruente, comprensible, o, teleológicamente, mediante la acentuación de algunos de los momentos, el momento de los fines de la actividad educativa” (Mockus et. al.,1988).

También puede considerarse la pedagogía como las reflexiones y transformaciones de la práctica educativa, homologada ésta en términos generales con la práctica pedagógica. Sin embargo, hay quienes consideran que la pedagogía no debe considerarse como la práctica pedagógica misma, “sino como el saber teórico-práctico generado por los pedagogos a través de la reflexión personal y dialogar sobre su propia práctica pedagógica, específicamente en el proceso de convertirla en praxis pedagógica, a partir de su propia experiencia y de los aportes de las otras prácticas y disciplinas que se intersectan con su quehacer” (Vasco,1990).



Para otros, el concepto de pedagogía hace referencia al “saber propio del maestro constituido por el dominio de las relaciones entre los conocimientos y su enseñanza, por la comprensión del sentido de la actividad del educador dentro de la sociedad y por la capacidad de discernir las formas legítimas de transmisión de los saberes, todo lo cual es objeto de estudio riguroso que trasciende las propuestas del sentido común o de la retórica educativa que permanentemente quiere fijar normas de actuar a la escuela” (Misión de Ciencia y Tecnología, 1990).

“Un aspecto importante de la práctica educativa es la Enseñanza concebida como el conjunto de estrategias y técnicas a través de las cuales se organiza el ambiente para propiciar el aprendizaje y la maduración del individuo. La tematización de la práctica de la enseñanza ha generado un cuerpo de conceptos y procesos que en forma genérica recibe el nombre de Didáctica”<sup>11</sup>. Bajo el concepto de didáctica se incluyen las estrategias que facilitan la enseñanza de una disciplina y hacen posible su aprendizaje. Es un conocimiento y una práctica que tiene tanto de universal en cuanto habilidad comunicativa, como de particular pues se relaciona con el dominio de las disciplinas específicas para aprehender sus principios y estrategias de conocimiento y deducir procedimientos que hagan factible su construcción. (Misión de Ciencia y Tecnología, 1990).

La didáctica cubre también la reflexión sobre todos los aspectos de las relaciones del maestro con sus estudiantes en un contexto determinado, dando como resultado la construcción de uno o varios métodos didácticos que pueden ser utilizados por otros, no en forma ciega siguiendo indicaciones al pie de la letra, sino teniendo en cuenta todos los elementos presentes en el escenario educativo: maestro, compañeros, alumnos, tiempos de aprendizaje, ambiente, fines y objetivos, logros e indicadores, recursos, etc., todo en función del desarrollo integral humano.

En consecuencia, la pedagogía y la didáctica parten de la reflexión sobre sectores del Mundo de la Vida y regresan al mismo, y en éste recorrido reconstruyen y transforman cuerpos teóricos, toman en consideración el contexto escolar, los objetivos, los contenidos, los procesos de pensamiento y acción, y desarrollan métodos, procedimientos y estrategias que propician y facilitan la construcción del conocimiento.

---

<sup>10</sup> Aportes personales de Severiano Herrera V. dados en el V Encuentro Nacional del Área de Ciencias Naturales, realizado en Bogotá del 25 al 31 de octubre de 1993.

<sup>11</sup> Ver nota 5.

---

## 1. Pedagogía y Didáctica

### 1.1 El rol del educador

#### Algunos supuestos de base

**\*El mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las ciencias naturales se ve efectivamente favorecido con el compromiso real del docente, como miembro importante de la comunidad educativa.**

El educador o maestro es en definitiva la persona que tiene a cargo la enseñanza y como tal actúa como posibilitador de la transformación intelectual, afectiva y moral de los alumnos, y como mediador de toda información que conduce a la percepción del estudiante como individuo y de los estudiantes como grupo.

El educador es la persona que se relaciona por medio del diálogo para permitir la participación espontánea y libre mediante la valoración de opiniones en desarrollo de la autonomía y en el empleo de alternativas pedagógicas adecuadas y basadas en la realidad.

Es pues, el maestro, un trabajador y comunicador de cultura, del saber social (científico, tecnológico y pedagógico), intérprete de las necesidades del educando y orientador del joven en su propia formación. El maestro necesita de una sólida formación como profesional de la educación, una cultura general y una formación pedagógica y científica especializada.

El profesor forma parte de la comunidad educativa que como tal tiene una estructura y en la cual es el líder, y el modo como ejerce su liderazgo repercute en el comportamiento del grupo y de cada uno de sus integrantes.

Cuando se habla del maestro (muchas veces en forma equivocada), se describen sus funciones, sus deberes y hasta sus misiones y se olvida con facilidad su naturaleza humana, su peculiar personalidad, idoneidad moral, ética, y formación pedagógica y profesional, las cuales deben ser cualidades y capacidades de un educador.

El maestro no debe estar solo en el cumplimiento de su quehacer educativo; la sociedad y el gobierno deben crear las condiciones necesarias que faciliten su formación y continuo perfeccionamiento profesional con miras a ofrecer un servicio educativo de calidad. Estas responsabilidades competen a los propios maestros, a la nación, a las entidades regionales (especialmente universidades), a las instituciones educativas de la localidad y a los demás estamentos de la comunidad educativa y a la familia.

El maestro, con su particular formación y personalidad como ser único e irrepetible, tiene unas características que le dan soporte al ejercicio total de su profesión; es pues, una persona con actitudes y valores que lo llevan a analizar y a reflexionar a diario en su quehacer educativo, para ir construyendo y reconstruyendo nuevas concepciones relacionadas con su profesión, es decir, con lo que significa educar y ser educador, conceptos bajo los cuales se valora y hace valorar su profesión y se siente orgulloso del papel que desempeña en la sociedad.

Como ya se dijo, el maestro debe ser uno de los líderes de la comunidad y como tal es formador y transmisor de valores. Como investigador pedagógico, es quien conoce el medio donde realiza su actividad formadora y es también quien en su actuar diario refleja el aprecio y respeto por la vida, el trato igualitario de los sexos, el amor, el cuidado y el manejo racional de la naturaleza y consolida los valores ciudadanos. Todo esto con el único propósito de formar integralmente al alumno para enfrentar con éxito la vida contemporánea fuertemente influenciada por el desarrollo científico y tecnológico, y la problemática socio-cultural y ambiental.

En el permanente cambio actitudinal, conceptual y metodológico, el docente es cada vez más consciente de que con su trabajo educativo de calidad está contribuyendo al desarrollo del país y por consiguiente, al mejoramiento de la calidad de vida; participa activamente en la elaboración, desarrollo y evaluación del programa de actividades educativas; se cuestiona en relación con el conocimiento y dominio de las disciplinas de su especialidad y su quehacer pedagógico; da tratamiento de igualdad de géneros a todos los alumnos para no abusar del uso del masculino que tiende a ignorar la presencia y capacidad femenina en cualquier actividad humana; involucra en su práctica educativa una acción comunicativa a través del lenguaje, que le permite al alumno construir sentido y significado en lo que aprende y para que aquél (el lenguaje) no sea obstáculo para la apropiación de los conceptos científicos.

La renovación pedagógica y didáctica que realicen los docentes, debe convertirse en una gran corriente transformadora de la educación en el país basada en un principio fundamental que la Misión de Ciencia y Tecnología llama LIBERTAD PEDAGÓGICA DEL MAESTRO entendida como el espacio autónomo para el desarrollo de su labor profesional, libertad que debe ser ejercida dentro del marco orientador del Estado (Constitución Política 1991 y Ley General de Educación 1994), con base en los derechos de los estudiantes y en los fines superiores de la sociedad.

La libertad pedagógica del maestro se inscribe, entre otros, en los cuatro elementos fundamentales del proceso curricular que hemos identificado: el reconocimiento del papel de la escuela y la conceptualización acerca de la pedagogía, la didáctica y la enseñanza. Detrás de ellos se encuentra la calidad de la interacción maestro-estudiante. Una interacción de calidad exige respeto por el papel de los actores, autonomía de pensamiento, desacralización del conocimiento y de sus formas de construcción.

Se espera pues que una nueva visión del proceso curricular tome en cuenta los conceptos anteriormente expuestos a través de los cuales se redefine no solamente el nuevo rol del maestro sino también del Estado. Según el nuevo marco orientador provisto por la Ley 115 de 1994, las instituciones educativas gozan de autonomía para organizar su currículo (artículos 76 y 77) el cual será el medio fundamental para llevar a cabo el Proyecto Educativo Institucional (PEI). Esto nos lleva a considerar que el nuevo proceso curricular descansa de manera inequívoca en los maestros a quienes el Estado debe apoyar para que su trabajo sea realmente transformador.

**Todo profesor (incluido el de ciencias naturales y educación ambiental) debe educar para la construcción permanente de valores adecuados a las necesidades actuales para una mejor sociedad en términos de calidad de vida.**

La educación cumple dos papeles fundamentales en la vida de una persona: la formación como ciudadano y la formación para el desarrollo productivo. Pero, desgraciadamente parece que la segunda función hubiera ocupado casi todos los momentos y lugares de la vida escolar, donde el énfasis en los aspectos académicos, sean científicos, tecnológicos y humanísticos, casi no han dejado lugar para las actividades que afianzan el ejercicio de los derechos fundamentales y el

desarrollo de las habilidades sociales o el problema de la formación de valores ciudadanos que dan consistencia al tejido social. Valores que son tomados de la vida familiar, del contexto escolar, de la red social, de la experiencia educativa y de la organización socio-política del país y que convergen y generan múltiples configuraciones que se vuelven dinámicas formando un sistema de valores en cada individuo.

La ciencia, la tecnología y la educación ambiental no son ética y políticamente neutras, sino que están impregnadas de valores contextuales (éticos, estéticos, cívicos, culturales...) y valores constitutivos. Pero la toma de decisiones depende más de los valores contextuales que de la información científica.

Goffin (1996) propone cuatro valores (STAR) que podrían contribuir a una interacción armónica entre la Ciencia y la Tecnología y su contexto natural, social y cultural, dentro de un enfoque que integra el pensamiento ético en la educación ambiental. Su propuesta puede resumirse así:

- **Solidaridad:** Puesto que el ambiente es el resultado de las interacciones entre los sistemas naturales y sociales, no es suficiente responder ante él sólo individualmente. Es necesario que el conjunto de poblaciones humanas de la tierra sin diferencia de raza, sexo, creencias religiosas o políticas, nivel de desarrollo, etc., se sientan responsables de la calidad de los sistemas naturales. Problemas como la perforación de la capa de ozono, las lluvias ácidas y el calentamiento del planeta, entre otros, son los resultados del manejo que grupos humanos han hecho de sistemas naturales. Por tanto, una actitud solidaria es fundamental y necesaria en la comprensión y búsqueda de solución de estos problemas y en la prevención de problemas futuros. Así pues, conservar los sistemas naturales es conservar la biodiversidad y entre mayor sea su biodiversidad, mayor es su riqueza.
- **Tolerancia:** Ésta juega un papel muy importante en la búsqueda de soluciones a la problemática ambiental, ya que la biodiversidad de los componentes de los sistemas ambientales y las interacciones que de ellas se originan, obligan a que en su análisis participen diversas perspectivas derivadas de diversas disciplinas y de diversas experiencias, lo cual implica el reconocimiento y respeto por las diferencias si se quiere llegar exitosamente a acciones y planes concertados mediante el consenso. De acuerdo con Goffin "ser tolerante es reconocer al otro en su complementariedad, es desear el intercambio y la cooperación dentro de la igualdad... la tolerancia excluye todo tipo de imperialismo, incluso el imperialismo disciplinar".
- **Autonomía:** Entendida como la capacidad individual y colectiva para influir responsablemente sobre el medio ambiente y en especial en el espacio geográfico en el que se desenvuelven las personas. La autonomía implica la participación en la toma de decisiones para buscar y seleccionar alternativas adecuadas a su realidad, que les permita conservar y mejorar su medio ambiente como también concertar soluciones a sus problemas específicos.
- **Responsabilidad:** Los tres valores anteriores (solidaridad, tolerancia, autonomía) son interdependientes y su práctica conlleva a que los individuos y las comunidades construyan una nueva manera de ver el mundo, basada en el profundo respeto por sí mismo, por los demás y por la naturaleza (yo - los demás-naturaleza), generando actitudes responsables en el manejo de su entorno y garantizando una mejor calidad de vida.

Goffin sostiene que la esencia de la educación está en los valores y que éstos no pueden convertirse en comportamientos sin la internalización de las actitudes. De ahí que la construcción de una nueva ética ambiental debe apoyarse en la formación de actitudes y valores como mediadores conscientes de las relaciones hombre-sociedad-naturaleza, con el fin de que los sistemas tanto naturales como sociales tengan un manejo responsable.

Así pues, el maestro, quiéralo o no, dado el rol que juega dentro de la comunidad educativa, con su actitud, su comportamiento y su modo de actuar está proyectando sus propios valores, los cuales son tenidos en cuenta (y muchas veces imitados) por sus alumnos y por otras personas de la comunidad, de ahí la importancia de los docentes como constructores y cohesionadores sociales. Por eso la educación debe hacer explícitos tanto el propósito como las estrategias para que los valores se construyan, se vivan y se apliquen en la escuela y fuera de ella.

---

## 1. Pedagogía y Didáctica

### 1.2 La enseñanza de las ciencias y la educación ambiental

\*La enseñanza de las ciencias naturales y la educación ambiental debe enfatizar en los procesos de

**construcción más que en los métodos de transmisión de resultados y debe explicitar las relaciones y los impactos de la ciencia y la tecnología en la vida del hombre, la naturaleza y la sociedad.**

Como regla general el profesor de ciencias hace una equivalencia entre enseñar una determinada área de conocimiento científico con la exposición clara, ordenada y lógica de los resultados teóricos y experimentales del área de conocimiento en cuestión. Vale la pena anotar que la claridad, el orden y la lógica se entienden desde la perspectiva del profesor sin tener en cuenta la del alumno y generalmente los resultados expuestos no son actualizados. Este estado de cosas, a nuestra manera de ver, dirige al estudiante más hacia la memorización que hacia la creatividad: a él le queda imposible comprender la exposición con la "lógica del profesor" y tiene que recurrir a cualquier tipo de estrategia que le permita aprobar la materia o asignatura.

El estudiante no entiende esta lógica, entre otras razones, porque ella supone la comprensión de los problemas que la teoría expuesta resuelve y no se asigna un tiempo adecuado para un buen planteamiento de ellos. En este momento nos parece oportuna la siguiente pregunta en términos generales y no sólo referida a los estudiantes de secundaria: ¿Es posible entender los resultados de una ciencia sin entender los problemas que los originaron ni el proceso por el cual se llegó a ellos?

No sólo es necesario construir conocimientos acerca de los objetos, eventos y procesos del mundo natural, sino que el alumno debe pensar y repensar acerca de la calidad de sus relaciones con el medio. Igualmente, las relaciones entre las ciencias naturales, la tecnología y la sociedad deben ser tenidas en cuenta. Ello implica un enfoque interdisciplinario durante la formulación y desarrollo de los Proyectos Pedagógicos, ya que a través de ellos se tratará de resolver exitosamente un problema, satisfacer una necesidad, obtener un beneficio, etc. Puesto que no disponemos de fórmulas globales que den respuestas globales a todos los problemas, se hace necesario recurrir a los aportes de las distintas áreas y asignaturas, ya que ellas ofrecen modelos, métodos, técnicas e instrumentos rigurosos y propios que nos ayudan a conocer. Es a través de las aportaciones metodológicas y conceptuales de las disciplinas que se llega a una mejor comprensión del mundo y de lo que sucede en él. Giordan afirma que la enseñanza de las áreas y sus disciplinas no se justifican por sí mismas o por sus objetivos propios, sino por su participación en la construcción de sentido (significado) en un proyecto vital dentro de un contexto cultural.

Además, los materiales que se diseñen para los alumnos deben estimular a los estudiantes a aventurarse más allá de los límites de cada disciplina (biología, física, química, etc.), hacia consideraciones más amplias acerca de la ciencia, la tecnología y la sociedad, que incluyan el tratamiento de cuestiones éticas o de valores personales y sociales y se analicen las influencias que los antecedentes y las aplicaciones de la ciencia y la tecnología tienen en el medio ambiente y, por tanto, cómo inciden en el desarrollo sustentable del país y en la calidad de vida de las personas y de los grupos sociales.

En resumen, se trata de propiciar la construcción de una conciencia ética, para lo cual se debe suscitar en el alumno una reflexión intencionada sobre cómo su aprendizaje se está llevando a cabo, los caminos y procedimientos que ha recorrido, sus aciertos y desaciertos, como también sobre la calidad y validez de los conceptos elaborados, las normas, valores, métodos, técnicas y actuaciones, sus consecuencias y los impactos generales por las relaciones hombre-sociedad-naturaleza-ciencia-tecnología.

A propósito de la conciencia ética y del enfoque interdisciplinario de las ciencias naturales y la educación ambiental, hay que tener en cuenta que los problemas ambientales, científicos y tecnológicos hacen que por su naturaleza, concurren aportes desde diferentes perspectivas: la física, la química, la biología, deben entrar en diálogo franco entre sí y con la ecología, las ciencias sociales, la tecnología, las matemáticas, la estadística... y susciten reflexiones sobre cómo desarrollar una ética de fraternidad entre todos los seres de la naturaleza. Es necesario cuidar de los ecosistemas, lo que significa a la larga, cuidarnos a nosotros mismos. Esta fraternidad entre hombre y naturaleza, es la forma moderna de entender la justicia. Es la manera de convivir sin agredirnos; sin hacer violencia, sin destruirnos (Cely, 1994).

Al identificar y analizar las distintas relaciones interdisciplinarias es necesario resaltar la dimensión social (y práctica) de la ciencia y la tecnología en sus dos vertientes más sobresalientes: la dimensión social, entendida como los condicionantes sociales, o en la forma en que factores sociales contribuyen a la génesis y consolidación de procesos y productos científico tecnológicos; y la dimensión social, entendida como las consecuencias sociales, o la forma en que los procesos y productos de la ciencia-tecnología inciden en nuestras formas de vida, nuestros valores y formas de organización social (González, 1996).

**\*El proceso educativo en las ciencias naturales y la educación ambiental debe ser un acto comunicativo en el que las teorías defectuosas del alumno se reestructuran en otras menos defectuosas bajo la orientación del profesor.**

El supuesto anterior señala que el estudiante, lejos de tener un papel pasivo en el proceso educativo, tiene una gran cantidad de convicciones acerca de un determinado tema que generalmente son contrarias a las enseñanzas de los

profesores. El estudiante, como ser racional, espera buenas razones para abandonar sus convicciones. Pero, por lo general, lo que recibe es una imposición violenta de teorías que no entiende o que no comparte, por verlas alejadas de su intuición; la imposición se hace con la violencia de la nota: o bien el estudiante adopta los modelos explicativos del profesor, o bien no aprueba el área o la asignatura.

Se han realizado investigaciones educativas sobre preconcepciones o ideas previas, (llamadas también esquemas conceptuales, errores conceptuales, ideas intuitivas, ideas alternativas, ciencia del alumno...) cuyos resultados sirven como puntos fundamentales de apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales y la educación ambiental, y para el manejo conceptual en el área.

Dichas investigaciones han arrojado resultados sorprendentes sobre las estructuras cognitivas y las concepciones equivocadas que persisten en los estudiantes después de haber terminado la secundaria y a ún en la universidad.

Las preconcepciones del alumno (o de cualquier individuo) son el fruto de la percepción y estructuración cognitiva basadas en experiencias cotidianas tanto físicas como sociales que dan como resultado un conocimiento empírico de la ciencia. Estas preconcepciones se construyen a partir de observaciones cualitativas no controladas, aceptando las evidencias acríticamente. Vale la pena precisar que el conocimiento del niño sobre lo que lo rodea se está construyendo desde su infancia mediante su acción sobre el mundo y la representación simbólica de él, influida por el medio socio-cultural en donde crece.

Por ejemplo, es muy común decir, “el sol sale por el Oriente y se oculta por el Occidente”. La estructura cognitiva es coherente y parte de una observación aparentemente evidente. Pero sabemos que no corresponde a la explicación científica. Este puede ser un ejemplo de una preconcepción equivocada que es mantenida por el lenguaje cotidiano.

Howard Gardner (1991) denomina “pre-con-cepciones equivocadas”<sup>12</sup> a las ideas erróneas en las ciencias naturales. Muchos son los ejemplos reseñados que sobre preconcep-ciones equivocadas se dan desde diferentes disciplinas. Aquí transcribiremos algunas:

Muchos estudiantes aseguran que la fuerza de gravedad ejercida en un objeto es mayor en la medida que el objeto se encuentre más alto. Un niño de 11 años explica “cuánto más alto llegue mayor será el efecto de la gravedad sobre la misma porque si usted se queda ahí y alguien deja caer un guijarro sobre él (sic) sólo le dará una punzada. Pero si yo lo dejo caer desde un aeroplano, se aceleraría más y más rápido y cuando golpeará a alguien le mataría” (Driver, 1986).

En relación con las nociones de fuerza y movimiento, la idea de que “los cuerpos más pesados caen más aprisa que los ligeros”, persiste incluso en estudiantes universitarios y esto sucede después de haber realizado numerosos ejercicios numéricos sobre la caída de cuerpos.

Analicemos otro ejemplo citado por Gardner sobre la joven Jane, quien conocía todos los formalismos que se le enseñan a los estudiantes de primer año de universidad. A pesar de que Jane era capaz de recitar sin errores las leyes de Newton sobre el movimiento, de resolver ecuaciones y de emplear los principios de suma de vectores, cuando se le pedía que los aplicara a la solución de problemas en un juego de computador, donde era pertinente utilizar las leyes de Newton, fracasó rotun-damente al igual que muchos estudiantes de primaria y secundaria. Lo que es sorprendente es que durante un tiempo ella fue incapaz de relacionar la tarea con la física que había aprendido en el salón de clase. Una posible explicación es que su física espontánea y la física del salón de clase no tienen relación alguna. Dice Gardner “El comportamiento de Jane es típico de lo que sucede cuando los estudiantes que han tenido entrenamiento formal en física o ingeniería se enfrentan a problemas por fuera del aula”.

Aparentemente las preconcepciones equivocadas en física son más frecuentes que en otras disciplinas como la biología o por lo menos algunas preconcepciones equivocadas de la biología en el período de la niñez, se resuelven prontamente. Por ejemplo, los niños a los diez años han superado ya el concepto de que sólo los seres que se mueven son seres vivos, o que todas las funciones biológicas del ser humano están bajo control de su voluntad. Sin embargo, cuando se profundiza en la biología, aparecen preconcepciones equivocadas semejantes a las de la física. “La comprensión de la teoría de la evolución, parece tener tantos obstáculos como la comprensión de las leyes del movimiento de Newton” (Driver, 1986).

Si pidiésemos explicaciones a los estudiantes sobre el proceso por medio del cual las plantas elaboran alimentos, nos sorprende-ríamos sobre la gran variedad de preconcep-ciones equivocadas en torno al tema.

La caracterización de estos conocimientos previos (preconcepciones) coinciden básicamente en que:

- Están dotados de cierta coherencia interna.

- Son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades.
- Presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento.
- Son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiterada.

Estas preconcepciones señaladas como persistentes después de la secundaria y aún de la universidad, dejan en cuestión las inadecuadas estrategias utilizadas en el proceso de enseñanza de las ciencias naturales (y de otras áreas) y el desconocimiento y poco interés por los conocimientos previos del alumno y cómo son manejados en el entorno social donde vive (creencias, hábitos, costumbres).

A menudo las estrategias utilizadas en la escuela no hacen posible la confrontación de teorías, principios y generalizaciones con la realidad cotidiana del alumno.

Tal como se propone aquí, la misión del profesor de ciencias es la de entablar un diálogo (podríamos decir socrático) por medio del cual el estudiante tiene la oportunidad de llegar a la conclusión de que la teoría del profesor es menos defectuosa que la suya propia. Decimos “menos defectuosa” porque es muy importante resaltar el hecho de que ni el profesor ni nadie tiene la verdad absoluta; su misión es la de permitirle al estudiante apropiarse de un legado cultural en permanente evolución como son las teorías científicas. El estudiante que se apropia de este legado podrá ser uno de los que lo modificarán en busca de mejores explicaciones del mundo conocido y de preguntas que nos lleven a la ampliación de su extensión.

**\*En la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias naturales y la educación ambiental, al igual que en la ciencia, muchas veces las preguntas son más importantes que las respuestas.**

El proceso constructivo de la ciencia se dirige fundamentalmente por la forma como se plantean las preguntas. Ellas son las que demarcan el terreno de aquello hasta ahora desconocido; es decir, las preguntas señalan ahí por donde hay que explorar. Ahora bien, lo desconocido no puede señalarse sino desde lo conocido. Para poder preguntar es necesario entonces conocer previamente; y cuanto mejor se conoce, mejor se pregunta. Las preguntas más importantes en la ciencia provienen de quienes conocen singularmente bien un determinado campo, de ahí la importancia de que el docente domine la materia a enseñar.

La pregunta es una excelente medida de la comprensión de un sistema de conocimiento. Quien queda sin preguntas ante la exposición de una teoría, es alguien que, con una probabilidad muy alta, no ha entendido en su totalidad la teoría ni las implicaciones de ella. Todos nosotros hemos vivido en carne propia el demorado proceso de entender las preguntas fundamentales de una teoría el de poder identificar una pregunta de investigación importante.

Las preguntas tienen además otra función: ellas son las que señalan las discrepancias dentro de una misma teoría. Quien ha entendido bien una teoría y sus implicaciones puede detectar cuándo dos de ellas son incompatibles y, por tanto, cuándo la teoría es contradictoria.

Pero son también ellas las que pueden distraer la atención de los científicos en pseudo-problemas. Toda una comunidad científica puede invertir una buena cantidad de años de trabajo tratando de responder preguntas que era mejor no plantearse porque la respuesta era imposible. Pero tal vez la única forma de saber que se trata de un pseudo-problema sea precisamente plantearse la pregunta.

Desde la perspectiva constructivista la pregunta es un momento de desequilibrio: las representaciones sobre un sector del mundo no encajan, no concuerdan con él. Es necesario modificar las representaciones. Cuando se logra una representación concordante, tenemos un nuevo equilibrio hasta el momento en que nuevos conocimientos pongan en conflicto las representaciones hasta el momento en equilibrio.

Uno de los factores inmensamente limitantes de nuestro sistema educativo es precisamente el tiempo tan escaso que le dedicamos a las preguntas en el desarrollo de los temas de clase. Las pocas preguntas que el profesor formula dentro del salón de clases, las formula con la expectativa de recibir una respuesta rápida y correcta; se evita “gastar” demasiado tiempo en la respuesta a esas preguntas. Las todavía más escasas preguntas de los alumnos van dirigidas a aclarar algunos detalles o a pedir una mejor explicación de algo. Ninguna de estas preguntas son del tipo que construyen conocimiento. En un excelente libro titulado *The art of problem posing* Brown y Walter exponen de una forma muy sencilla una propuesta muy interesante sobre cómo desarrollar diversos temas de matemáticas a través de preguntas y planteamientos de problemas interesantes. En palabras de estos autores, se trata de lograr que el estudiante deje de ser un espectador y se convierta en un actor en el proceso educativo del cual él debe ser el mejor beneficiario.

La educación, como regla general, proscribiera el error. Una mala calificación es la forma más usada para hacerlo. Un estudiante no aprueba un logro porque el número de errores sobrepasa el límite aceptado. Sin embargo, el problema se presenta en forma diferente; se dice que el estudiante pierde un logro (o la materia, o el año) "porque no sabe". Se está entonces afirmando que existe una implicación entre la comisión de errores y la ausencia de conocimiento, que no siempre es fácil de argumentar. Pero, lo que tal vez es más grave, es que de costumbre se afirma también la implicación contrarrecíproca, que muchas veces nos lleva a engaños: si no hay errores entonces hay conocimiento. Un muy buen ejemplo de este tipo de engaño lo constituye la siguiente anécdota.

Para la elaboración de este documento se planeó la presentación de los resultados parciales en conferencias, simposios, talleres, encuentros, etc. En uno de estos eventos, una pequeña estudiante de colegio (tenía alrededor de nueve años) asistía a una presentación de experiencias en la enseñanza de la física desde un enfoque constructivista que ilustra algunos de los principios metodológicos consignados en este documento. La experiencia en cuestión se refería a un experimento muy sencillo pero que produce un gran asombro en las personas que lo observan. Se toma un vaso que contiene algo de agua; se lo cubre con una pequeña hoja de papel que bordea la circunferencia que describe la boca del vaso; se presiona sobre la hoja para sellar el vaso y se voltea el vaso de tal forma que el papel se convierte en la base del vaso y la "verdadera" base queda orientada hacia arriba. Lo que asombra a quienes no conocen el experimento ni la explicación del fenómeno resultante, es que "el agua no se cae". Con el fin de ilustrar la forma como reacciona un estudiante ante esta situación, el expositor le preguntó a la niña que, en su opinión, por qué "el agua no se caía". Ella con gran naturalidad dijo: "Por la presión". Ello indudablemente no era lo que se esperaba que dijera, dada su edad. Se le preguntó si ya conocía el experimento y ella respondió que sí: "lo vimos en clase de ciencias". La niña había aprendido la respuesta y según un criterio normal podría decirse que había contestado correctamente. Después de la exposición, se dio el siguiente diálogo con la niña:

– **Expositor:** ¿Qué pasará si el papel se quita?

– **Niña:** Pues el agua se cae.

– **Expositor:** ¿Y por qué se caería?

– **Niña:** Porque si tu quitas el papel, el aire entra, la presión se disuelve y se sale del vaso, entonces el agua se cae.

Esta anécdota nos sirve para señalar lo engañoso que puede ser el valorar prematuramente una respuesta, sin indagar acerca de las razones que el estudiante tiene para responder en la forma como lo hizo.

Si la respuesta es errónea, muy probablemente se da una situación más interesante en el sentido de que posibilita la apertura de un espacio para la reflexión, para el análisis del error, como posteriormente se hizo en el caso descrito. Solamente este análisis permite el ajuste de los conceptos, de las teorías implícitas que el estudiante siempre posee. Sin este análisis el error se elimina por imposición (a través de la nota del régimen académico) pero seguramente reaparecerá fuera del contexto del medio escolar o académico. El estudiante puede no volver a cometer un determinado error en un examen, porque habrá aprendido a no hacerlo; pero nunca podrá llenar el vacío teórico o eliminar la contradicción que pueden estar generando ese error (por ejemplo, nunca escribirá un fraccionario cuyo denominador sea el cero, pero nunca entenderá la contradicción que ello implica dentro de la concepción aritmética de multiplicación).

Un buen análisis de un error desemboca en un ajuste o replanteamiento de los conceptos y de las teorías que el estudiante ha construido, lo cual redundará en una mejor reconceptualización del mundo que le permitirá entenderlo mejor. Entendido desde esta perspectiva, el error es un momento más del aprendizaje y nunca algo indeseable que debe ser proscrito.

---

<sup>12</sup> Actualmente ya no se insiste en que las preconcepciones son equivocadas, pues tienen cierta coherencia y alguna posibilidad de ser recuperadas más tarde como válidas. Hoy es preferible hablar de concepciones previas o concepciones alternativas a las aceptadas actualmente.

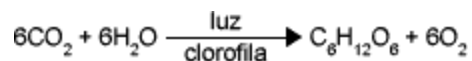
## 1. Pedagogía y Didáctica

### 1.3 El lenguaje científico y la enseñanza de las ciencias naturales y la educación

## ambiental

### Las ciencias naturales y la educación ambiental se expresan primero en lenguaje natural y después en lenguaje formalizado.

Generalmente el profesor de ciencias utiliza prematuramente en su clase lenguajes formalizados y modelos. Las ciencias naturales (física, química, biología, ciencias de la tierra y del espacio etc.) por ser ciencias factuales están referidas a las cosas, eventos y procesos del mundo natural. Sus proposiciones, escritas en general en un lenguaje técnico o formalizado describen, en forma directa o indirecta, propiedades o relaciones entre entes físicos. Si un profesor de biología y/o química lee la ecuación:



sabe perfectamente que ella representa el proceso de la fotosíntesis mediante el cual por cada molécula de glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) que se sintetice, se liberan seis (6) moléculas de gas (·) oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y para ello se requiere que se combinen seis (6) moléculas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con seis (6) moléculas de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en presencia de la luz y de la clorofila.

Pero mucho antes de que se pudiera expresar esta ecuación utilizando la sintaxis y los símbolos químicos y matemáticos, era posible referirnos a la fotosíntesis en un lenguaje natural a través del castellano o de cualquier otro idioma o dialecto.

Toda persona para comunicarse utiliza un lenguaje natural: palabras, señales, símbolos, orales o escritos, gesticulaciones..., que cuando están codificados y estructurados conforman un sistema de expresión verbal (lengua) utilizado para designar tanto propiedades como relaciones, entre otras cosas. El proceso natural es que toda aserción o concepción acerca del mundo se exprese primero en un lenguaje natural; esta expresión, y muchas otras, van siendo depuradas, simplificadas, precisadas y relacionadas con la ayuda de un sistema simbólico que poco a poco se va convirtiendo en el lenguaje formalizado propiamente dicho y que en muchos casos, se compendia en fórmulas matemáticas que permiten eliminar cualquier ambigüedad y expresar las relaciones con generalidad y precisión. El uso de sistemas numéricos es el único instrumento capaz de establecer relaciones cuantitativas entre las propiedades de objetos o fenómenos.

Pero a pesar de todo lo anterior, y hasta ciertos niveles de abstracción, todo lo que se dice en un lenguaje formalizado puede decirse también en lenguaje natural, dependiendo de la comunidad lingüística en la que se aborde la temática. Ahora bien, el lenguaje natural cuenta con la ventaja pedagógica de que el estudiante entiende muchísimo más fácilmente cualquier proposición expresada en él que su correspondiente en un lenguaje formalizado. La primera razón para la preferencia del estudiante por el lenguaje natural es el vocabulario. Los lenguajes formalizados usan términos extraños para el estudiante ("constante gravi-tacional" o "coeficiente de dilatación", "potencial de ionización", "genes recesivos" por ejemplo); o usan términos que le son familiares pero con significados tan restringidos y especializados que esta familiaridad termina siendo un obstáculo porque al estudiante se le dificulta desligar el término de su significado y sus connotaciones cotidianas. (Las nociones de "trabajo", "calor" "mutación", "equilibrio", son buenos ejemplos).

El paso apresurado a los lenguajes formalizados, lo único que produce es un manejo sintáctico, en ocasiones correcto, desprovisto de toda semántica. Se encuentran entonces casos, bastante numerosos, de estudiantes que saben expresar cantidades en notación científica y multiplicar y dividir potencias de 10, pero que no saben por ejemplo qué cantidad es  $1.2 \times 10^8 \text{ cm}^3$  de agua. Se encuentran también estudiantes que reproducen todos los pasos de una demostración sin entender qué es demostrar ni qué han demostrado; estudiantes que desarrollan aparentemente en forma impecable la solución de un problema sin entender qué problema tenían que resolver; estudiantes que resuelven un tipo de problema con una presentación determinada pero que no resuelven otro del mismo tipo porque se presenta de una forma distinta.

La introducción de los lenguajes formalizados requiere entonces de un cuidadoso proceso que le permita al estudiante ver la necesidad de utilizar un lenguaje de esa naturaleza y le otorgue el tiempo suficiente para hacer esa transición que, históricamente, se dio en forma paulatina.

La práctica educativa debe, entonces, involucrar una acción comunicativa a través del lenguaje que permita al alumno encontrar sentido y significado, y no sea un obstáculo que bloquee al estudiante para acceder a los conocimientos científicos. Los símbolos, las fórmulas, las ecuaciones, son la síntesis de las abstracciones conceptuales científicas y como diría Einstein "La ecuación es lo último que se escribe".

**\*El lenguaje "duro" de la ciencia y la tecnología se diferencia del lenguaje "blando" del conocimiento común.**



El intercambio social (que no es limitado en forma estricta por las fronteras políticas) como elemento central de la actividad científica, crea la necesidad de un lenguaje universal y eficiente para la comunicación entre quienes comparten el objetivo de construir conocimiento acerca de un cierto universo de procesos. Y este lenguaje utilizado por los científicos para expresar el conocimiento tal vez sea la propiedad más peculiar y que distingue como ninguna otra el conocimiento científico y tecnológico del conocimiento común. Este lenguaje, en palabras de Federici, es un lenguaje “duro” en contraste con el lenguaje del conocimiento común que es “blando”. Duro en el sentido de que es monosémico: cada término utilizado en él debe tener un y un sólo significado. Si se da el caso de que un término posea más de un significado, la comunidad científica trabajará para llegar a un consenso sobre la forma como se utilizará el término o cada autor explicitará en su escrito de qué manera lo está utilizando.

Duro también en el sentido de que toda teoría que se construya dentro del campo semántico que él posibilita, debe ser coherente y conexa. En otras palabras, dentro de ella no debe haber contradicciones y debe existir la forma de relacionar todos los fenómenos de los cuales da cuenta. El conocimiento común no se preocupa por purificar todas aquellas teorías (si es que existen) mediante las cuales el conocimiento se construye y se expresa. Puesto que no existe la voluntad de construir una sola teoría explicativa por medio de la cual tener un conocimiento unificado acerca del mundo social o natural según sea el caso, no hay preocupación ni por la coherencia ni por la cohesión. El conocimiento común es puntual, parcial; está constituido por pequeñas unidades con pocas relaciones entre ellas.

Duro en otro sentido también: exige en forma implacable un sustento empírico para toda afirmación que se haga en el seno de sus teorías. Esta exigencia se hace también mediante un procedimiento preestablecido y del cual, todos quienes participan de esta empresa constructiva, son conscientes. Toda teoría está compuesta principalmente de leyes. Estas leyes son proposiciones que establecen relaciones, probabilísticas (nótese que las determinísticas pueden ser consideradas como relaciones cuya probabilidad de ocurrencia es igual a 1 ó a 0) entre fenómenos del mundo real. Estas relaciones deben habilitar al científico, o a cualquier otra persona que conozca la teoría en forma adecuada, para predecir la ocurrencia de uno de los fenómenos dada la ocurrencia del otro fenómeno relacionado con él. El biólogo sabe por ejemplo que disminuir en forma drástica el número de individuos de una especie determinada disminuirá también drásticamente el número de individuos de una especie depredadora de la primera; siguiendo la misma lógica, se sabe que aumentar drásticamente el número de individuos de una especie depredadora disminuirá el número de individuos de la clase depredada. Ahora bien, si el biólogo quiere darle el carácter de científicas a estas leyes, debe estar dispuesto a aceptar que ellas serían falsas (tal como han sido formuladas) si se diera el caso de que se disminuya drásticamente el número de conejos, para tomar un ejemplo concreto, y no disminuya el número de comadrejas que encuentran en los conejos su principal fuente de alimento; o si se diera el caso de que se aumente el número de comadrejas y no disminuya el de conejos.

Éste es uno de los dos procedimientos fundamentales para dar un valor empírico a estas leyes de la biología; se conoce con el nombre de predicción científica. Para decirlo en forma mucho más sencilla y directa, una ley que no permita hacer predicciones acerca de lo cual trata ella, no es una buena ley científica; hay entonces que descartarla o reformularla. Las leyes que encontramos en el conocimiento común, si es que se puede hablar en estos términos, no son sometidas a este riguroso examen.

El segundo procedimiento recibe el nombre de control científico. Es necesario que cuando uno de los fenómenos relacionados puede ser creado voluntariamente, el otro fenómeno también se produzca como una consecuencia de que se haya producido el primero. Así, si queremos controlar el número de conejos debemos hacerlo mediante el control del número de comadrejas, o si queremos controlar el número de comadrejas controlaremos el número de conejos. Si no fuera posible llevar a cabo este control, estas leyes biológicas no tendrían ningún valor empírico. Sería entonces necesario reformularlas o descartarlas.

En el conocimiento común tampoco se lleva a cabo en forma rigurosa una crítica de las leyes (o simplemente de las relaciones que se establecen); exigen la posibilidad de realizar este tipo de control para poder considerar un conocimiento como válido.

Las leyes científicas se formulan en forma de implicaciones; se dice: “Si el fenómeno A sucede (disminuye el número de conejos), entonces el fenómeno B también sucede (disminuye el número de comadrejas)”. La proposición que describe el fenómeno A se denomina el antecedente de la implicación; la proposición que describe el fenómeno B se denomina el consecuente de la implicación. Generalizando decimos que una ley científica debe permitir predecir la ocurrencia del consecuente cuando observamos la ocurrencia del antecedente, o bien que debemos poder controlar la ocurrencia del consecuente controlando la ocurrencia del antecedente.

**\*El maestro debe propiciar estrategias que favorezcan en el alumno el paso entre el uso del lenguaje blando del conocimiento común y la apropiación del lenguaje de la ciencia y la tecnología.**

El estudiante está, y se siente, mucho más cercano del lenguaje blando del conocimiento ordinario que del lenguaje duro de la ciencia. El maestro en el salón de clases, o en el laboratorio, debe tener esto siempre muy claro y debe entender

que el lenguaje duro es un punto de llegada y nunca uno de partida. Debe tener claridad, además, sobre el camino que recorrerá entre la polisemia, la imprecisión, las metáforas y las relaciones cualitativas, por un lado, y la monosemia, la precisión, los modelos y las relaciones cuantitativas por el otro. Para señalar un ejemplo concreto, el maestro nunca debe partir del supuesto de que para un alumno un diagrama o un gráfico, por sencillos que sean, son evidentes. Por el contrario, tiene que buscar el puente que establezca un contacto entre el lenguaje cotidiano y el uso especializado de una simbología abstracta.

Ahora bien, es necesario señalar que cuando hablamos del lenguaje duro de la ciencia y la tecnología como un punto de llegada, no queremos indicar con ello que se asuma que al finalizar el ciclo de educación preescolar, educación básica, educación media, el estudiante sea ya poseedor absoluto del lenguaje duro de la biología, la química, la física o la ecología. Es indispensable tener conciencia acerca de la necesidad de una “transposición didáctica” del contenido de las teorías científicas que persiga el objetivo de dejar de lado las complejidades propias de cualquier lenguaje científico altamente elaborado, que lo hacen inalcanzable para un estudiante de 9º, 10º u 11º grado, y hacer énfasis en la formación de una mente científica, capaz de desarrollarse en cualquier ciencia en forma autónoma. Es importante aclarar que esta transposición no implica deformar o transformar mediante simplificaciones torpes los principios científicos, lo cual producirá, sin duda, “vicios” difíciles de corregir posteriormente; se trata de analizar y trabajar sobre aquellos principios científicos que se podrían ubicar dentro de una zona de desarrollo próximo, para utilizar palabras de Vygotsky, utilizando un lenguaje significativo para el alumno (Vygotsky, 1991).

Este tránsito juicioso y planeado, que debe llevarse a cabo siempre mediante una comunicación estrecha y honesta entre estudiantes y profesores en busca del dominio cada vez mayor del lenguaje duro de la ciencia, nos permitirá lograr los objetivos que Mockus (Mockus et al., 1989) expresa de la siguiente manera: “ampliar la base social de la cual surgirán aquellos jóvenes que por su capacidad y tesón merezcan el apoyo requerido para acceder a la formación de más alto nivel” y “crear las condiciones para que una proporción importante de la población sea capaz de relacionarse con los adelantos científicos y tecnológicos de manera eficaz y al mismo tiempo crítica sobre la base de un adecuado conocimiento de la racionalidad que ha hecho posibles esos adelantos y, en la medida de lo posible, de los principios científicos involucrados en ellos”. Sin este aclimatamiento social del desarrollo científico y tecnológico, cualquier intento de difundir las innovaciones que de él se deriven será fallido o, como anota Mockus en el mismo documento, “se impondrán de una manera oscurantista y poco democrática. Sin una formación básica mínima la población quedaría – aún más de lo que está ahora – a merced de las decisiones de la minoría formada por los prácticos. Y enfrentaría el progreso tecnológico de manera ciega oscilando entre las resistencias injustificadas y adhesiones basadas en apreciaciones muy centradas en la eficacia o la utilidad inmediata de las innovaciones” (Mockus et al., 1989).

Es común la creencia de que el conocimiento tecnológico sólo es posible en el ámbito de las ciencias naturales. Cuando se habla de tecnología, dentro de esta perspectiva, se piensa en forma automática en las naves espaciales, los computadores, el rayo láser, etc. Este tipo de asociaciones mentales están fundamentadas en la confusión entre el conocimiento tecnológico y sus productos. De los principios, leyes y teorías de las ciencias sociales se pueden también derivar aplicaciones tecnológicas. Los desarrollos tecnológicos derivados de la psicología son bien conocidos dentro del medio educativo, para tomar un ejemplo. Existen diferencias entre las ciencias naturales pero seguramente ellas no se dan en términos de la inexistencia de desarrollo tecnológicos en las ciencias sociales. La diferencia más importante sea tal vez el hecho de que el científico social debe enfrentar como uno de sus objetos de estudio la racionalidad (y en muchas ocasiones la irracionalidad humana) al mismo tiempo que la estudia desde esa misma racionalidad.

**\*Conocer la historia evolutiva de las teorías y los conceptos científicos es un recurso valioso para lograr, entre otras cosas, la comprensión y un cambio de actitud hacia las ciencias en los estudiantes.**

Una de las estrategias con las cuales el educador puede orientar las actividades en el proceso de enseñanza de las ciencias, es la de desarrollar trabajos que permitan al educando analizar los procesos evolutivos del conocimiento científico a través del tiempo, o sea, su transformación histórica en la cual se dan los cambios o rupturas de paradigma<sup>13</sup>.

El siguiente ejemplo puede ser aprovechado para ser trabajado con los alumnos a la luz de los supuestos de base sobre la ciencia y la tecnología, con el fin de procurar una mejor comprensión y valoración de la ciencia y propiciar el cambio actitudinal hacia el trabajo científico.

La creencia de que los seres vivos se podían formar espontáneamente de sustancias inertes (teoría de la generación espontánea) hacía parte del conocimiento de las gentes desde la antigüedad. Esta teoría fue profesada y difundida por Aristóteles (350 a. de C.). El hecho de ser una teoría divulgada por un gran filósofo como él influyó para que perdurara por muchos siglos a pesar del esfuerzo de muchos investigadores para demostrar su inconsistencia. Para todos los científicos y gente del común era evidente que los seres humanos y muchos de los seres vivos del mundo macrocóptico procedían del cuerpo de la madre o de huevos o semillas; pero, al mismo tiempo ellos daban por cierto que muchos animales inferiores (insectos, gusanos) procedían de sustancias inertes o en descomposición. Esta teoría se basaba en observaciones hechas a sustancias orgánicas en especial a carnes en estado de descomposición en las cuales

## Ministerio de Educación Nacional

aparecían larvas de moscas. En forma similar, la existencia de los áfidos se le atribuía a las goticas de rocío que cubrían las hojas de las hierbas en las horas nocturnas.

William Harvey (1578-1657), biólogo inglés, formuló una teoría que ponía en entre-dicho la teoría de la generación espontánea. Él sustentaba que los seres minúsculos procedían de semillas o huevos demasiado pequeños que no podían ser observados.

Francesco Redi (1626-1697), médico italiano, impresionado por la teoría de Harvey que cuestionaba la teoría generacionista, montó un experimento el cual le permitió trabajar la hipótesis de Harvey. Él preparó varios frascos con caldo de carne; a la mitad de los frascos los tapó herméticamente y a los otros los dejó destapados por varios días al cabo de los cuales no se observaron larvas de moscas ni en los frascos sellados ni en los destapados.

Redi perfeccionó el experimento cambiando el procedimiento de sellar los frascos por el de cubrir la boca con tela de gasa, de esta forma el aire del ambiente penetraba y se ponían en contacto con el caldo de carne pero las moscas no lo podían hacer. Después de varios días se realizaron observaciones y en ningún frasco aparecieron larvas de mosca.

A partir de este acontecimiento se pudo haber abandonado la teoría generacionista pero, debido a su arraigo entre la gente de la época, y al descubrimiento de los protozoarios, hecho por Leuwenhock que opacaron el trabajo de Redi, la teoría se mantuvo viva.

Los científicos defensores de la generación espontánea tomaron el descubrimiento de los protozoarios (gracias a la buena utilización de la lupa) como una nueva evidencia que reafirmaba la teoría generacionista. Decían que estos microorganismos eran demasiado simples y que seguramente ellos también se generaban espontáneamente.

Este hecho motivó la realización de experimentos en los cuales se preparaban caldos orgánicos y se dejaban en reposo; al poco tiempo se realizaban observaciones con la lupa y se podían apreciar en la muestra numerosos protozoarios.

John Tarberville Needham (1713-1778), sacerdote católico naturalista, diseñó una experiencia que consistió en preparar caldo de carnero y envasar parte de esta sustancia en un frasco sellado herméticamente. Después de algunos días se observó la presencia de microorganismos en el caldo. El sacerdote analizó los resultados de la siguiente manera: la ebullición inicial a la cual se había sometido el caldo, lo dejaba completamente esterilizado y, en consecuencia, los microorganismos que habían aparecido se habían originado en la materia inanimada del caldo. La teoría de la generación espontánea se fortalecía una vez más.

Lazzaro Spallanzani (1729-1799), biólogo italiano, se mostró inquieto por los trabajos de Needham. Formuló sus propias teorías que luego sometió a la experimentación. Estaba convencido de que la ebullición realizada por Needham había sido insuficiente y por consiguiente el caldo no había quedado esterilizado, lo que explicaba la aparición de estos microorganismos en la sustancia analizada. Spallanzani procedió a hervir por largo tiempo el caldo de carne y su contenido fue sellado herméticamente en un frasco; días después se destapó y no fue posible observar los protozoarios que había reportado Needham. Esta experiencia parecía concluyente, pero los defensores de la teoría generacionista contrar-gumentaron con otra teoría en la cual afirmaban que en el aire existía algo imperceptible que permitía la aparición de la vida en la materia inanimada (teoría del principio vital) y que según ellos la prolongación de la ebullición dada por Spallanzani habría destruido el principio vital. Esta nueva teoría del principio vital oxigenaba nuevamente la teoría generacionista y le dio vida un siglo más, hasta que Louis Pasteur demostrara que, en sus propias palabras, la teoría generacionista es una quimera.

Louis Pasteur (1822-1895), químico francés, propuso una nueva teoría en la cual sostenía que si el caldo se esterilizaba y se aislaba de toda contaminación en él no aparecían formas de vida. Para poder sostener esta teoría, Pasteur diseñó una experiencia que echaría por tierra la teoría del principio vital que defendían los generacionistas. La experiencia consistió en esterilizar el caldo de carne y depositarlo en un frasco provisto con un tubo que tenía forma de S, el cual se convertía en una "trampa" para microorganismos que los retenía pero, al mismo tiempo, permitía el paso de aire que podía ponerse en contacto con la sustancia. Después de unos días se observó cuidadosamente la muestra y no fue posible encontrar en ella protozoarios.

La anterior experiencia permitió descartar el poder atribuido al aire (teoría del principio vital), puesto que la sustancia había estado en contacto con el aire y éste no había generado vida. Quedaba entonces vigente la hipótesis de que el aire portaba partículas pequeñísimas, precursoras de los microorganismos que, al ponerse en contacto con el medio de cultivo, podían desarrollarse. Mediante el trabajo de Pasteur se cerró el capítulo de la generación espontánea dando paso a la teoría formulada por Harvey que afirmaba que todo ser vivo proviene de otro ser vivo de la misma especie.

Las investigaciones hechas a través de los siglos en torno a la generación espontánea han trascendido en diferentes campos de la vida humana, en la industria, en la medicina, en la religión, entre otros.

El prestigio que adquirió Pasteur con sus investigaciones explica, sin duda, que fuera contratado por los industriales del vino y de la cerveza para que enfrentara el problema de la acidulación en el proceso de maduración de estas bebidas, pues ella generaba pérdidas incalculables. Pasteur, utilizando técnicas y teorías acerca de los microorganismos, logró superar estos inconvenientes. Trabajos posteriores que realizó con otros investigadores como Virchow, médico alemán, y en los que estudiaron tejidos enfermos, permitieron establecer que las células enfermas procedían de otras células generalmente sanas, puesto que las células enfermas no se generaban de la nada. En la actualidad se considera a este médico como padre de la patología. Asimismo, Pasteur trabajó con otros científicos en lo relacionado con las enfermedades y las vacunas.

Es importante destacar que el estudio de los microorganismos ha permitido grandes avances en el campo de la microbiología, la bacteriología, la biotecnología, con líneas de trabajo de investigación tanto en la producción de alimentos como de medicamentos, los cuales han permitido soluciones para mejores condiciones de vida.

---

<sup>13</sup> Paradigma: "Conjunto de reglas de trabajo, formas de discusión y validación de métodos y resultados, significaciones, teorías, conceptos, tradiciones y principios que comparte una comunidad científica dada y que la identifica como tal" (Thomas S. Kuhn).

---

## 1. Pedagogía y Didáctica

### 1.4 El papel del laboratorio

**\*Los alumnos y el profesor, al igual que los científicos, van al laboratorio para "interrogar" a la naturaleza con el fin de confirmar o rechazar sus hipótesis.**

Cuando el científico va al laboratorio para hacer un experimento, él sabe ya, o mejor, cree saber, lo que sucederá. Este señalamiento lo hace Kant en el prólogo de la segunda edición de su *Crítica de la razón pura*. Llama la atención sobre el hecho de que no es posible conocer sino aquello que la razón ya sabía previamente. El experimento tiene el papel de confirmar o falsear las hipótesis que el científico ha construido sobre la base de sus idealizaciones acerca del Mundo de la Vida. El instrumental y la forma como éste se ha dispuesto son ya una consecuencia de esta idealización.

El plano inclinado que pulió Galileo y las esferas de diversas masas que hizo rodar por él mientras contaba los compases que con un instrumento de cuerda podía ejecutar desde el momento en que la esfera se ponía en movimiento hasta cuando tocaba la mesa, eran las condiciones más cercanas a las ideales que podía lograr con aquello que estaba a su alcance. Y ese ideal era permitir el movimiento de esferas de diversas masas sin que actuara sobre ellas algo diferente de la fuerza ejercida por la atracción entre la masa de la tierra y la de la esfera, con el fin de mostrar lo que él ya sabía: que Aristóteles estaba equivocado al afirmar que los cuerpos pesados caen más rápidamente que los livianos. Mediante un plano perfectamente pulido, él estaba idealizando ciertos sucesos del Mundo de la Vida: los objetos que caen. Y era necesario hacerlo así pues los cuerpos cayendo tal como caen las piedras, o el vaso de la mesa o la famosa manzana del árbol, planteaban problemas de medida insalvables para la época. Para poder hallar alguna regularidad expresable a través de relaciones numéricas es imposible, la mayoría de las veces, actuar sobre los sucesos tal como se presentan en el Mundo de la Vida. Es necesario hacer arreglos cuidadosos para poder establecer aquello que ya se sabe. Es necesario, diría Kant, saber interrogar a la naturaleza para establecer si ella se comporta como previamente se ha determinado que lo hace, apoyándose en buenas razones.

Es así como los experimentos de Galileo, los de Mendel o los de cualquier otro científico fueron diseñados teniendo en cuenta sus conjeturas, sus hipótesis, que no pueden entenderse sino dentro del amplio contexto de su obra científica global: el experimento de Galileo con el plano pretendía poner a prueba la hipótesis de que las esferas aumentarán su velocidad a una tasa constante y que esta tasa sería independiente de su masa; en otras palabras, Galileo pensaba que una esfera de gran masa aumenta su velocidad a la misma tasa que lo hace una de muy poca masa. Y esta hipótesis era congruente con toda una forma de entender el movimiento de los cuerpos en el espacio y, lo que es más importante, esto era congruente con una filosofía, una cosmovisión del mundo (opuesta a la de Aristóteles) que le daba contexto y la hacía comprensible. Así mismo, Mendel antes de hacer sus experimentos con sus plantaciones de guisantes (que por el hecho de hacerlas mediante ciertos arreglos cuidadosamente diseñados, su huerta se convertía en su laboratorio) suponía qué resultados iba a obtener porque ya había construido una teoría que le permitía entender cómo los organismos vivos heredan sus características físicas.

Ahora bien, si los experimentos de Galileo o de Mendel no hubieran concordado con sus conjeturas, ellos hubieran tenido que aceptar que sus teorías eran falsas o equivocadas, al menos en la forma como las habían formulado; habrían tenido entonces que reformularlas o descartarlas de plano.

En el laboratorio escolar no se puede actuar de manera diferente. Si el estudiante no va al laboratorio con su mente bien preparada, es decir, si no va con una hipótesis acerca de lo que debe observar si lleva a cabo tales y tales procedimientos, y toma tales y tales medidas, no podrá entender qué es lo que sucede cuando realiza su experimento. Ahora bien, un alumno no puede entender sino aquello que él ha podido reconstruir mediante la reflexión, la discusión con sus compañeros y con el profesor, o mediante la acción sobre los objetos del mundo. Entonces la hipótesis con la que el estudiante llega al laboratorio debe ser producto de su propia actividad intelectual. En este sentido, debe ser, o bien un procedimiento para reestablecer el equilibrio cognitivo que perdió al observar un fenómeno inesperado o al predecir un resultado que en efecto no se observó, o bien un procedimiento para reafirmar una teoría que ha tenido éxito hasta el momento.

Sin lo anterior, no habrá ningún “compromiso” intelectual entre el estudiante y las observaciones del laboratorio. La falta de este compromiso hace que el experimento no tenga ninguna injerencia en la forma como el estudiante entiende la clase de fenómenos del Mundo de la Vida que representa ese experimento. Mucho menos entenderá la forma como el experimento idealiza las relaciones entre esos fenómenos con el fin de que las conclusiones que de él se deriven, resistan las críticas más agudas y puedan ser expresadas en términos de relaciones numéricas.

Por estas razones, el profesor debería orientar a sus alumnos para que ellos mismos diseñen los experimentos. Para esto es necesario comprometerlo con una pregunta; debe sentir la curiosidad típica del científico; debe sentir esa imperiosa necesidad de dar una respuesta a ese interrogante que le exige poner en funcionamiento toda su capacidad de razonar.

Indudablemente es un ideal difícil de lograr por diversas razones; algunas de ellas de orden práctico. Pero, sin duda alguna, no es un ideal imposible de alcanzar. Si en la escuela se crea desde un principio la posibilidad de que el alumno pregunte desde su perspectiva acerca de los fenómenos del Mundo de la Vida, utilizando su lenguaje “blando” pero significativo, en vez de imponerle autocráticamente el lenguaje “duro” de la ciencia que, sin una adecuada transposición didáctica, no tendrá nunca significado para el alumno, y en vez de poner artificialmente en su boca las respuestas a las preguntas que él nunca tuvo ni el modo ni el tiempo de hacerse, seguramente este ideal se mostrará cercano a nuestras posibilidades.

Existen diversas formas que los investigadores en estrategias didácticas han identificado para lograr estos ambientes en los que el estudiante desarrolla su capacidad innata de asombrarse y de preguntarse, y obviamente de aventurar, imaginar respuestas. No es pertinente entrar en un análisis de estas nuevas estrategias. Pero sí es importante señalar desde ahora que continuar con aquellas guías de laboratorio en las que se le dan instrucciones precisas sobre las operaciones experimentales que debe ejecutar y las observaciones y medidas que debe realizar para después preguntarle a qué conclusiones puede llegar y después inducirlo a dar las conclusiones “a las que había que llegar” no tienen sentido dentro del marco de esta propuesta de renovación curricular, pedagógica y didáctica.

Tratar de esta manera el laboratorio lo desvirtúa, no sólo desde el punto de vista científico sino, lo que es más grave, desde el punto de vista didáctico. Hemos dicho que la enseñanza de las ciencias debe reproducir sus procesos de construcción y no los de exposición. Las guías a las cuales hemos hecho mención están concebidas desde una perspectiva expositiva. Se trata de ilustrar un principio que ya “se le ha enseñado al alumno”.

Podría pensarse que existe una forma de trabajar en el laboratorio en la que es imposible afirmar que el investigador podía saber de antemano lo que sucedería. Nos referimos a lo que se conoce con el nombre serendipity; la “capacidad del científico para aprovechar la oportunidad de algo que sucedió por casualidad”. Sin embargo, como decía Pasteur, es necesario tener la mente bien preparada para poder beneficiarse de una feliz casualidad en el laboratorio. Sin esta mente preparada que nos permita ver la ocasión como algo inesperado pero valioso, dejaremos pasar la oportunidad sin reaccionar ante ella.

La historia acerca de cómo Pasteur llegó al concepto de vacuna y a la producción de la primera de ellas es precisamente uno de los hallazgos casuales más famosos. Analicémoslo con el fin de mostrar otra perspectiva acerca del trabajo en el laboratorio.

Hemos hecho en este documento una referencia, con cierto detalle, a la controversia que existió en la ciencia durante muchos siglos acerca de la generación espontánea. Como se menciona en ese aparte, Pasteur era un profundo convencido de que la teoría de la generación espontánea era, en sus propias palabras, “una quimera”.

La idea de que los microorganismos, a pesar de su sencillez, debían provenir de otros organismos de la misma especie

y, por otro lado, la idea de que muchas enfermedades y las heridas que superaban eran causadas por microorganismos, hacían pensar a Pasteur que era posible proteger al hombre de estas amenazas, en la mayoría de los casos mortales, si se encontraba un método para matar esos organismos o impedir que entraran en contacto con el hombre. Es importante señalar que dos de sus hijas murieron de enfermedades que hoy llamaríamos infecto-contagiosas.

Dentro de este contexto, Pasteur se encontraba realizando un experimento con el que pretendía demostrar que el cólera de las gallinas era originado por la presencia de un microorganismo que se podía observar a través de un microscopio en la sangre de un animal enfermo, y que si este agente patógeno, como lo denominaba Pasteur, se inyectaba en la sangre de un animal sano, éste enfermaría y moriría. Pasteur había ya observado que lo que él predecía que sucedería desde su teoría acerca de las enfermedades, en realidad se daba: los pollos a los cuales se les inyectaba sangre de un pollo con cólera, enfermaban y morían de cólera.

En algún momento del experimento, se dio la casualidad de que uno de los asistentes de investigación contraía matrimonio. Pasteur era, y tenía fama de ser, severo e irascible. Su asistente temía que su jefe le fuera a negar unos días de licencia para su luna de miel. Cuando habló con Pasteur y obtuvo sin problema el permiso, se sintió tan alegre que olvidó inyectar sangre infectada a un grupo de pollos utilizados en el experimento. Al regreso del viaje de bodas, el asistente encontró en el laboratorio las probetas con la sangre infectada; se dio cuenta de su olvido y, antes de que su jefe se percatara del error, le inyectó a los pollos la sangre de las probetas.

Inesperadamente para Pasteur, estos pollos no murieron; algunos de ellos desarrollaron los síntomas de la enfermedad en forma leve y muy pronto se restablecieron. Pasteur le dio gran importancia a este hecho; hubiera podido pensar que se cometió algún error y seguir el experimento sin dar mayor trascendencia a este fracaso. Él en persona le volvió a inyectar a los mismos pollos sangre contaminada. Como hoy es de esperarse, los resultados fueron exactamente los mismos: ningún pollo enfermó.

Pasteur le pidió entonces a su asistente que le dijera en forma muy precisa la forma como había llevado a cabo los procedimientos experimentales con estos pollos. Su asistente, convencido de que irremediamente perdería su puesto, confesó con toda franqueza su olvido. Su sorpresa no fue poca cuando Pasteur le pidió emocionado que repitiera el proceso en forma meticulosamente igual. Sin entender mucho lo que pasaba, pero contento de ver la reacción de su jefe, hizo lo que él le pedía. En efecto, el asistente no podía ver lo que Pasteur veía en este aparente fracaso: una forma de proteger al ser humano y los animales de las enfermedades causadas por microorganismos. Y lo podía ver porque, entre otras razones, ya lo había imaginado y de alguna manera era lo que estaba buscando, así el experimento mismo no hubiera sido diseñado con ese fin específico. En efecto, algunas investigaciones posteriores y las reflexiones acerca de sus resultados lo llevaron a concluir que la demora para inyectar los pollos había hecho que los agentes patógenos se debilitaran dándole así tiempo al organismo para que creara defensa contra estos organismos: ésta era una excelente forma de proteger al ser humano y los animales de los microorganismos que amenazan su salud. Este procedimiento de vacunar contra las enfermedades es hoy ampliamente conocido gracias a una mente bien preparada como la de Pasteur que no dejó pasar esta oportunidad.

Si bien en este caso y en todos los similares, muchos de ellos también muy famosos, el experimentador no podía decir lo que sucedería al finalizar el experimento, también es cierto que el experimentador tenía ideas muy claras (aunque posiblemente equivocadas) sobre lo que debía suceder. Estas mismas ideas son las que hacen ver como inesperado, sorprendente o asombroso un resultado o un fenómeno particular: lo que se observa está por fuera de lo "permitido" según la teoría. Esta discrepancia pone en funcionamiento nuestra razón para, en palabras de Piaget, enfrentar este desequilibrio. Si el experimentador va al laboratorio sin ideas preconcebidas, nada lo sorprenderá, nada lo asombrará o, lo que es más probable, no verá nada. Estará en una situación similar a la de un niño de dos o tres años ante un mago que saca de su sombrero una paloma: a pesar de que el mago ha mostrado que el sombrero estaba desocupado antes del "pase mágico", el niño no se sorprende al ver que la paloma sale: simplemente se emociona al ver el animalito, pero esta emoción es exactamente la misma que hubiera tenido al verlo en un parque. El niño no puede ver en ese suceso ninguna magia porque la "teoría" que él tiene acerca del mundo no "prohíbe" que las palomas surjan de los sombreros de un momento a otro. Sólo quien conciba al mundo de forma tal que haga ver imposible el hecho de que las palomas puedan surgir de los sombreros sin haber entrado en ellos, aplaudirá al mago lleno de asombro.

El laboratorio es pues el sitio donde se diseña la forma de someter a contraste las idealizaciones que hemos logrado acerca del Mundo de la Vida, mediante procedimientos que son concebidos dentro de la racionalidad de estas mismas idealizaciones y que tienen la misión de proveer elementos de juicio para tomar una decisión acerca de la objetividad de estas idealizaciones. En otras palabras, en el laboratorio podemos encontrar los argumentos de mayor peso para poder argumentar ante la comunidad científica la necesidad de refutar o confirmar la teoría que explica la clase de fenómenos a la cual pertenece lo observado en el laboratorio. Sin esas idealizaciones, sin un marco teórico que le dé al estudiante la posibilidad de observar, el experimento en el laboratorio es una actividad enteramente superflua.

Este marco teórico le permitirá al estudiante beneficiarse de las actividades en el laboratorio en alguna de las siguientes formas: La primera es observando efectivamente lo que, desde su teoría, él suponía que debería suceder: habrá

confirmado su teoría. La segunda es observando que no se cumplen sus predicciones: habrá falseado su teoría y tendrá que modificar sus conceptos, supuestos o hipótesis para construir una nueva teoría que resista nuevos intentos falsatorios. La tercera es observando un fenómeno inesperado: tendrá que poner en funcionamiento todas sus estrategias mentales para construir una teoría o modificar las existentes, de tal forma que pueda dar cuenta de este fenómeno de manera satisfactoria<sup>14</sup>.

Sin un marco teórico el estudiante no tendrá otra alternativa que la de dejarse imponer explicaciones que no entiende. Si debe presentar un informe de laboratorio recurrirá a libros que tengan las “respuestas correctas” a las preguntas de la guía de laboratorio, recurrirá a sus compañeros del curso superior o a cualquier otra estrategia que le permitirá “pasar el área o la asignatura” pero que no modificará en nada su concepción del mundo.

---

<sup>14</sup> Es el caso de los experimentos sobre electromagnetismo: observar que un pitillo que ha sido frotado con una toalla de papel se pegue a una pared, no es algo fácil de prever ni de explicar. Nos desequilibra y pone en funcionamiento nuestro cerebro para encontrar una buena explicación.

---

## 1. Pedagogía y Didáctica

### 1.5 Proceso de evaluación

**\*La evaluación en cuanto proceso reflexivo y valorativo del quehacer humano, debe desempeñar un papel regulador, orientador, motivador y dinamizador de la acción educativa.**

Una renovación integral en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias naturales y la educación ambiental, no puede dejar de lado una renovación en las formas de evaluación; en efecto, para que en ella se puedan reflejar todas las otras transformaciones e innovaciones de los demás elementos del currículo, la evaluación y los métodos de enseñanza deben reposar sobre una misma concepción acerca de cómo se desarrolla el conocimiento en el medio escolar.

La estructura del marco teórico del área se apoya en el Mundo de la Vida como sustrato del cual se extraen los siguientes componentes: el medio ambiente o mundo de los objetos, eventos y procesos; ciencia y tecnología; contexto escolar e Implicaciones pedagógicas y didácticas. Todos estos componentes deben considerarse al momento de hacer diseño y desarrollo curricular y por tanto, deben ser evaluados.

Usualmente la evaluación ha sido entendida como un instrumento de “medición” del aprendizaje y ha cumplido un papel selectivo dentro del sistema educativo. En general, los diversos instrumentos de evaluación han tenido uno o varios de los siguientes objetivos (Ministerio de Educación, 1987):

- Decidir sobre la promoción de los alumnos.
- Sancionar a los alumnos (instrumento punitivo).
- Controlar el cumplimiento de los programas.
- Diligenciar formatos y registros académicos.
- Diferenciar los “buenos” estudiantes de los “malos” con base en los datos y promedios estadísticos.
- Cumplir mecánicamente normas y dictámenes.

En una concepción renovadora, la evaluación del aprendizaje se refiere a un conjunto de procedimientos que se deben practicar en forma permanente, y que deben entenderse como inherentes al quehacer educativo; en ellos participan tanto docentes como alumnos con el fin de tomar conciencia sobre la forma como se desarrolla el proceso por medio del cual los estudiantes construyen sus conocimientos y sus sistemas de valores, incrementan el número de habilidades y

perfeccionan cada una de ellas, y crecen dentro del contexto de una vida en sociedad. En pocas palabras la evaluación debe servir como instrumento tanto de aprendizaje como mejora de la docencia.

Bajo esta concepción, los objetivos de la evaluación deberían ser:

- Estimular la reflexión sobre los procesos de construcción del conocimiento y de los valores éticos y estéticos.
- Identificar lo que el alumno ya sabe (ideas previas) sobre cualquier aspecto por tratar, para tenerlo en cuenta en el diseño y organización de las actividades de aprendizaje.
- Afianzar los aciertos y aprovechar los errores para avanzar en el conocimiento y el ejercicio de la docencia.
- Reorientar los procesos pedagógicos.
- Socializar los resultados.
- Detectar la capacidad de transferencia del conocimiento teórico y práctico.
- Afianzar valores y actitudes.

Las dos concepciones sobre evaluación esbozadas anteriormente nos obligan a detenernos en algunas consideraciones.

En primer lugar, bajo la concepción de que evaluar es medir, los profesores (no sólo de ciencias) reducen la mayor parte de sus prácticas evaluativas a pruebas de papel y lápiz; éstas pueden estar constituidas por preguntas abiertas en las que el estudiante puede responder en forma libre, o las llamadas “pruebas objetivas” (en las que el estudiante debe responder seleccionando o completando entre varias posibilidades de respuesta que se le ofrecen, y entre las cuales el estudiante sabe que está “la correcta”).

La calificación de las primeras presenta serios problemas: es prácticamente imposible eliminar toda subjetividad del profesor que sesga los resultados; algunas investigaciones han demostrado, por ejemplo, que una misma respuesta tiende a ser valorada mucho más positiva cuando proviene de un “buen alumno” que cuando proviene de uno “malo”; también se nota la misma tendencia con respecto al sexo: los niños tienden a ser mejor evaluados que las niñas. Estos sesgos son realmente nocivos en el sentido de que el alumno que tiende a ser evaluado como mediocre termina siendo mediocre o el que es mal evaluado termina siendo un mal estudiante.

La calificación de las “pruebas objetivas” no tiene los inconvenientes ocasionados por la subjetividad pero, tal como se utilizan generalmente, difícilmente evalúan algo diferente de la capacidad de memorización del alumno. La evaluación del pensamiento y de la capacidad de argumentar lógicamente se escapa a este tipo de instrumento en la gran mayoría de los casos. Sólo pruebas muy elaboradas pueden dar cuenta de estos rasgos en forma general. Según Novak (1988), tales pruebas que se fundamentan únicamente en el señalamiento de una alternativa de respuesta como “correcta”, “incorrecta”, “verdadera”, o “falsa”, lo que hacen es justificar y recompensar el aprendizaje repetitivo y mecánico y, a menudo, penalizan el aprendizaje significativo.

Pero dentro de una concepción renovada de la evaluación, el profesor debe preocuparse más por evaluar los procesos de aprendizaje que unos resultados desligados de un verdadero desarrollo del pensamiento y debe considerarse corresponsable de los logros que obtengan sus alumnos; su actitud, por tanto, ya no puede ser la de situarse frente a ellos a la manera de juez que los descalifica, sino con ellos a la manera de un compañero y guía en el proceso de construcción del conocimiento. Debe ser consciente de que para ello son necesarios un seguimiento y una retroalimentación permanentes que reorienten e impulsen su labor docente. Así los alumnos, trabajando individualmente o en pequeños grupos, han de poder comparar sus resultados, construcciones y producciones con otros alumnos y con los otros grupos (como sucede con los grupos de investigación científica) a través del profesor, quien debe valorar el trabajo realizado, ofrecer la ayuda requerida o rectificar cuando sea necesario. Se considera que este tipo de evaluación “formativa” es consustancial con cualquier actividad científica y, por tanto, debe formar parte de los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias.

Ahora bien, para que la evaluación se convierta en un instrumento para mejorar este proceso, debe cumplir, entre otras, con las siguientes funciones:

\* **Debe jugar un papel orientador e impulsador del trabajo de los alumnos** y por tanto la evaluación debe ser percibida por éstos como una ayuda real y generadora de expectativas positivas. Para ello, el profesor debe transmitir su



interés y preocupación permanente porque todos sus alumnos puedan desempeñarse bien, a pesar de las dificultades. Ellas no pueden faltar en ningún proceso creativo o constructivo y no deben convertirse en un argumento para “condenar” a los alumnos sino para detectar las deficiencias.

\* **Debe ser integral:** es decir, debe abarcar todos aquellos aspectos relevantes del aprendizaje de las ciencias: actitudes, comprensión, argumentación, método de estudio, elaboración de conceptos, persistencia, imaginación, crítica y, en general, los que hemos mencionado como elementos constitutivos de la creatividad. Debe así mismo incluir aspectos tales como: ambiente de aprendizaje en el aula, contexto socio-cultural en que se ubica el centro docente, funcionamiento de los pequeños grupos, las interacciones entre profesor y alumnos, recursos educativos, etc. Como es evidente, todo ello está muy lejos de la evaluación como enjuiciamiento de los alumnos, y nos muestra que se trata de una actividad colectiva en la que tanto profesores como alumnos y la comunidad, participan persiguiendo un fin común: el desarrollo del conocimiento dentro de una formación integral de la persona.

\* **Debe ser permanente:** esto es, debe realizarse a lo largo de todo el proceso de enseñanza como del de aprendizaje y no solamente como actividades culminatorias o terminales de una unidad o de un período académico (bimestre, semestre, año escolar). Sólo una evaluación permanente permite reorientar y ajustar los procedimientos en busca de resultados siempre mejores.

Con el ánimo de motivar a los docentes para mejorar sus prácticas evaluativas, sugerimos aquí algunas alternativas que consideramos muy promisorias:

\* **Realizar evaluaciones diagnósticas** para detectar las ideas previas, preconcepciones o ideas intuitivas que poseen los alumnos antes de abordar un tema, una unidad, una investigación, etc., como también se deben identificar las condiciones o características socio-culturales del contexto interno y externo a la escuela y que inciden en el ambiente donde se desarrolla el aprendizaje.

El alumno no es una tábula rasa sino que cada uno trae a la clase una estructura cognitiva, elaborada a partir de la experiencia diaria que le sirve para explicar y predecir lo que ocurre a su alrededor, en el mundo de la vida. Estas ideas previas con las que el alumno llega a clase deben ser tenidas en cuenta puesto que ellas influyen en los significados que se construyen en las situaciones de aprendizaje. Se deberá comenzar siempre por indagar lo que el alumno sabe o cree sobre aquello que se va a tratar. Es necesario hacer aflorar tales ideas, hacerlas explícitas, confrontarlas, clarificarlas, analizarlas y controlarlas..., apoyándose en preguntas reflexivas como: ¿Por qué tiene esa opinión? ¿Por qué piensa así? ¿Qué argumentos tiene para sustentar su respuesta?, etc. (Driver, 1987). La necesidad de partir de lo que el alumno ya sabe para propiciar un aprendizaje significativo, lo resume Ausubel en la siguiente consideración: “si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñele consecuentemente” (Ausubel, 1978).

Otra forma de clarificar las ideas previas que traen los alumnos es mediante la elaboración de mapas conceptuales, contruidos por ellos mismos, sobre el tema que se va a tratar. Mediante un mapa conceptual, el alumno puede representar y resumir el esquema conceptual (los significados) en un momento determinado, pero se requiere que tanto profesor como alumnos estén familiarizados con esta estrategia (Novak y Gowin, 1986). También se pueden emplear las entrevistas y los cuestionarios.

\* **Realizar evaluaciones formativas** durante el proceso de desarrollo de una unidad, un proyecto, un tema, etc., evaluación que no necesita que se le asigne ninguna nota o calificación, sino que debe servirle al docente para juzgar los aciertos, las dificultades, los logros alcanzados, tanto por él como por los estudiantes y a partir de allí, reorientar las actividades de aprendizaje, con el fin de que la mayoría alcance los logros propuestos.

Diversas estrategias pueden usarse con este fin, desde la observación cuidadosa del trabajo del alumno, el análisis de sus anotaciones e informes, los trabajos prácticos realizados tanto de campo como de laboratorio, el esfuerzo y las condiciones del trabajo, las entrevistas y los interrogatorios, hasta la utilización de los diez elementos epistémicos de la (V) heurística de Gowin aplicada a la lectura de material científico como reportes sobre las investigaciones, biografías de científicos y sus descubrimientos, además de que la misma (V) elaborada por estudiantes en trabajos de campo y de laboratorio, debe ser evaluada (Novak y Gowin, 1986).

Igualmente, los problemas que se plantean a los estudiantes con fines evaluativos, deben contemplar también aquéllos de naturaleza abierta, sin datos, en los cuales lo que cuenta son las habilidades intelectuales de los estudiantes para buscarle sentido y solución, y lo que menos importa es su respuesta numérica.

\* **Realizar evaluaciones sumativas** a través de previas y exámenes al finalizar una unidad o un período académico. Aunque ya se han señalado las limitaciones de las llamadas pruebas objetivas que centran su actividad en el refuerzo memorístico de “falso”, “verdadero”, “correcto”, “incorrecto”, etc., hay que anotar que se pueden hacer esfuerzos por

mejorar dichas pruebas para que haya más lugar al “pensar”, “discernir”, “concretar” problemas y darles soluciones”, “diseñar experimentos”, “formular hipótesis”, etc., y por supuesto, las previas y los exámenes no deben tomarse solamente como instrumentos exclusivos de calificaciones y por tanto de promoción de los alumnos, sino que también deben ser convertidos en instrumentos de aprendizaje. Para ello, Gil-Pérez hace algunas recomendaciones (Gil-Pérez, 1991):

– Es necesario que la previa o el examen supongan la culminación de una unidad o de la materia proyectada para un semestre o año escolar.

– Es también necesario que la previa o el examen sean corregidos y devueltos a los estudiantes lo antes posible y se discuta con ellos cuestión por cuestión, acerca de sus respuestas, de sus errores, sus ideas intuitivas. Así cada alumno con su previa o examen al frente, estará atento y participará en la toma de conciencia sobre sus aciertos y desaciertos.

– Es conveniente dar la oportunidad de que, después de la discusión, los alumnos rehagan su previa o examen en la casa y puedan volver a entregarlo. Así se afianzará lo aprendido y esto lo puede comprobar días después el profesor, con pequeños ejercicios evaluativos sobre aquellos aspectos que presentaron mayores dificultades.

– Las condiciones de realización de previas y exámenes deben ser compatibles con lo que supone una construcción de conocimientos: tentativas, éxitos, fracasos, errores, rectificaciones, etc. Ante todo, el profesor debe evitar “rotular” a sus alumnos como “buenos” o “malos” por los resultados obtenidos en la prueba.

– Se insiste en que la nota, calificación o valoración no debe ser únicamente la que corresponde a previas o exámenes, sino que los alumnos han de ver debidamente valoradas todas sus realizaciones.

\* **Realizar autoevaluaciones periódicas:** con frecuencia, tanto alumnos, como docentes y demás miembros comprometidos en el proceso educativo, deben hacer sus propias reflexiones y valoraciones acerca de los procesos vivenciados, logros alcanzados, dificultades, desempeños personales y de grupo, etc., con el fin de introducir las innovaciones requeridas.

A los estudiantes se les debe dar la oportunidad de reflexionar sobre su propio conocimiento; se les debe dar la posibilidad de que piensen acerca de cómo éste va evolucionando. Driver propone que una estrategia efectiva para ello es que los alumnos comparen sus ideas al principio y al final del aprendizaje; que escriban anotaciones personales sobre su propio aprendizaje (meta-aprendizaje), en sus cuadernos; que adquieran el hábito de registrar sus reacciones ante los temas que encuentran difíciles, interesantes, triviales. Estas autoevaluaciones deben incluir la formación de hábitos de trabajo, el cambio de actitudes hacia los temas estudiados y sus sentimientos hacia el medio educativo (Driver, 1987).

Así mismo, el docente debe ser consciente de que él es la pieza fundamental en el desarrollo del proceso pedagógico, puesto que a él le corresponde en gran parte la organización del aprendizaje. En su labor, la autoevaluación a través de la reflexión permanente sobre su práctica educativa adquiere gran importancia, puesto que permite identificar logros y deficiencias en sus ejecuciones profesionales, tales como:

- Actitud y valoración de su profesión de educador.
- Dedicación, responsabilidad y desempeño profesional en el trabajo.
- Preparación y dominio del área.
- Conocimiento del desarrollo psicobiológico del alumno, del contexto socio-cultural del centro docente (costumbres, valores, formas de vida, actividades sociales, culturales, económicas, etc.), de los recursos naturales de su entorno, ayudas didácticas disponibles, etc., para la selección, organización y orientación de actividades curriculares.
- Actitud hacia el conocimiento y profundización de teorías e investigaciones educativas, teorías del aprendizaje, tendencias innovadoras en la didáctica del área y en la evaluación.
- Formas de relacionarse con los alumnos, colegas, directivos-docentes, padres de familia, etc., y su incidencia en el ambiente escolar y en el aprendizaje de los alumnos.

También los padres de familia y otros miembros de la comunidad deben participar en la evaluación, por cuanto la acción educativa debe incidir en la promoción del desarrollo comunitario y la comunidad debe sentir que el centro docente está

a su servicio y se identifica con su cultura y sus valores. Por tanto, ellos pueden hacer valoraciones sobre si las acciones escolares trascienden o no en la comunidad y cómo ésta contribuye al éxito de la labor educativa.

La comunidad puede participar en la evaluación aprovechando las actividades que programa la misma comunidad y/o el centro docente (bazares, festividades, reuniones, convites, convivencias, etc.), a través de charlas informales, cuestionarios, encuestas de opinión, entre otras.

Finalmente, queremos hacer la siguiente reflexión sobre la evaluación: generalmente los resultados de las evaluaciones se tienen como algo definitivo e inamovible. Estos resultados también requieren ser analizados críticamente en todos sus procesos y procedimientos, con el fin de establecer congruencias, incongruencias o fallas que hayan afectado la calidad de la evaluación, con el fin de que cada vez que ésta se realice, se aproxime más a la realidad de los objetos evaluados. En resumen: la evaluación también debe ser evaluada. Más adelante se ampliará el tema de la evaluación al referirnos a los logros y los indicadores de logro curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental.

---

## 1. Pedagogía y Didáctica

### 1.6 Una alternativa didáctica

La alternativa que aquí se describe es congruente con los fundamentos epistemológicos y pedagógicos expuestos en este documento (Escobedo,1997). Tiene un doble objetivo: 1) proponer en forma clara un procedimiento general para enseñar las ciencias ilustrado con ejemplos y 2) fundamentar esta propuesta en una reflexión epistemológica y pedagógica.

Se trata de una sugerencia que puede ser aceptada o dejada de lado. Pero si se acepta y se quieren obtener buenos resultados, es necesario seguir los consejos y esto no puede ser interpretado como una imposición sino como la decisión libre de ser consecuente con su elección.

Con el fin de hacer prevalecer el carácter de sugerencias nos centraremos en los diversos componentes del procedimiento propuesto como modelo que serán planteados en la forma de lo que nos parece un “buen consejo”. En torno a estos componentes haremos anotaciones de carácter epistemológico y pedagógico, y cuando sea pertinente y posible ilustraremos con ejemplos.

#### **\* Inicie cualquier tema nuevo planteando un problema del Mundo de la Vida, relativo a él o a temas relacionados.**

Desde una perspectiva constructivista, la mejor manera de iniciar un tema científico es planteando un problema que se refiera a ese tema. Es importante señalar de entrada que lo que para el profesor es un problema para el estudiante puede no serlo: o bien no es comprensible para él, o puede no ser motivante. En cualquiera de estos dos casos el problema no invita ni incita al alumno a resolverlo y, en consecuencia, no tiene las propiedades de los problemas que han originado los trabajos científicos responsables del crecimiento del corpus de conocimiento científico. Los problemas que los científicos abordan comprometen toda su energía, lo involucran integralmente.

Pensamos que un postulado pedagógico constructivista que está en el fondo de este componente es que el ambiente escolar debería reproducir el ambiente de las comunidades científicas en las que la voluntad de saber y el amor por el conocimiento son elementos de central importancia. Los problemas incomprensibles para los estudiantes o que no tienen ningún interés para ellos están muy lejos de reproducir ese ambiente científico. La falta de interés, por otro lado, hace que el estudiante tienda al desorden y la falta de concentración. En palabras del alumno propicia el “relajo” o la “recocha”; en palabras del maestro propicia la “indisciplina”.

El problema con el que se inicia un tema debe tener entonces las siguientes propiedades:

- a. Debe ser lo suficientemente sencillo como para que todo el curso lo entienda y se sienta capaz de ofrecer una solución posible y de opinar acerca de las propuestas de solución de sus compañeros o del profesor.
- b. Debe ser lo suficientemente complejo como para que no exista una solución trivial, canónica (una respuesta correcta se diría en el modelo tradicional).

c. Debe ser motivante; debe involucrar a los estudiantes, debe comprometerlos en el trabajo para hallar respuestas válidas, convincentes, bien argumentadas. Debe desquitarlos y, en consecuencia, desconcertarlos o asombrarlos.

d. Debe permitir que se adopten diversas posiciones, ojalá opuestas, de forma tal que sea posible promover la discusión entre los estudiantes.

Buenos ejemplos de estos problemas son: “La pesadilla de Virginia”<sup>15</sup>; la pregunta “¿por qué un balón pateado con chanfle sigue una trayectoria doblemente curva (vertical y horizontalmente)?”; la pregunta “¿cuál fue la primera bicicleta y cómo ha evolucionado hasta el día de hoy?”

Estas preguntas son buenos problemas en diversos contextos; motivan a los estudiantes. Hay otras preguntas que dependen mucho del contexto: en algunos contextos son buenos problemas y en otros no. Cuando son planteadas por los estudiantes es un muy buen signo de que serán buenos problemas; en efecto, que la pregunta venga de ellos puede querer decir que ya existe un compromiso con el problema y esto lo convierte en un buen problema. Ejemplos de estas preguntas son “¿cómo fue el origen del universo?”, “¿qué es el tiempo?”, “¿qué es el espacio?”

Un elemento muy importante para ser tenido en cuenta es el lenguaje en el que se plantea el problema. En palabras del doctor Federici, los problemas deberían ser planteados en el lenguaje blando del mundo de la vida. Los tecnicismos y el lenguaje duro de las ciencias no es el más apropiado para el planteamiento de estos problemas. En este sentido, la gran mayoría de los problemas de los libros de texto de física deberán ser descartados como buenos problemas para iniciar un tema. Ellos son, en palabras del doctor Perkins, problemas sesgados hacia el profesor; en otras palabras son problemas para el profesor pero no necesariamente para el alumno.

Los problemas de los cuales hablamos aquí están muy relacionados con el concepto de Tópicos Generativos de los cuales hablan el doctor Perkins y sus colaboradores en su propuesta de Enseñanza para la Comprensión (Teaching for Understanding). “Los tópicos generativos se refieren a aquellas ideas y preguntas centrales, que establecen múltiples relaciones entre unos temas y otros, y entre estos temas y la vida de los estudiantes, por lo cual generan un auténtico interés por conocer acerca de ellos. Se han llamado Tópicos Generativos porque este nombre evoca su poder para generar conocimientos, relaciones, un interés y necesidad –y por ende un compromiso auténtico– por indagar sobre el asunto que se quiere entender” (Jaramillo y Bermúdez, 1997).

En otro trabajo (Vasco et al., 1998) se propone una buena cantidad de relaciones entre los Tópicos Generativos, los problemas y la enseñanza integrada. Quienes estén interesados en este tema particular pueden consultar este trabajo.

Resaltemos un punto de suma importancia: desde el momento en que el profesor o los alumnos plantean un problema, debe intentarse instalar a los alumnos en un ambiente de búsqueda, de discusión, de análisis, de apertura a las nuevas ideas (así no sean buenas desde la perspectiva del profesor), de comunicación en el que todos pueden expresar sus ideas y ser oídos con atención, de buena disposición para intentar situarse en la perspectiva del otro... Este ambiente es esencial para el éxito pedagógico.

Un último elemento importante: debemos partir de los sistemas concretos y no de los sistemas simbólicos. Vasco (1994) distingue en todo sistema matemático tres subsistemas: un sistema concreto, un sistema conceptual y un sistema simbólico. Pensamos que algo equivalente sucede en los sistemas físicos. En efecto, creemos que en todo sistema físico existe un sistema concreto compuesto por:

a. **Unos elementos concretos:** los objetos del mundo (es decir lo real organizado): una bicicleta, el ascensor de Virginia, unas esferas de metal y de madera, un balón de fútbol...

b. **Unas relaciones concretas:** los objetos del mundo están relacionados temporal y espacialmente entre sí: Virginia está dentro del ascensor; la esfera de metal llega al suelo primero que la de madera; el balón de fútbol sigue una trayectoria curva en el eje horizontal con respecto al jugador que lo patea.

c. **Unas operaciones concretas:** algunos objetos actúan sobre otros y modifican sus relaciones con los demás o los modifican a ellos mismos: El jugador de fútbol patea el balón con chanfle; la tierra atrae las esferas de metal; el ascensor se estrella contra la tierra.

En un sistema físico existe también un sistema conceptual desde el cual podemos organizar lo real y entenderlo como nuestro mundo; este sistema que nos permite entender lo real no es otro que un modelo mental con el cual modelamos lo real para organizarlo. Este sistema está compuesto por:

a. **Los elementos conceptuales que denotan los elementos concretos:** todo objeto es producto de una construcción activa de los sujetos que trabajan un cierto sector de lo real gracias a su acción sobre los procesos ahí. (Escobedo, 1997) Todas estas acciones interiorizadas gracias al lenguaje y la reflexión sobre ellas dan surgimiento a los conceptos. El concepto de “ascensor” es pues el resultado de una gran cantidad de acciones entre las cuales pueden estar las de subir y bajar en un ascensor, ver el funcionamiento de un ascensor o artefactos similares como puede ser un balde lleno de arena subido por un obrero con una cuerda. Los conceptos evolucionan a lo largo de la discusión; el ascensor (como se vio en las discusiones de los estudiantes que participaron en la investigación) al principio de la discusión es un objeto que por ser de metal cae mucho más rápido que Virginia.

b. **Las relaciones conceptuales que denotan las relaciones concretas entre los elementos concretos:** toda relación entre los objetos no puede ser entendida sino desde el modelo activado en forma similar a como todo objeto no puede ser concebido sino desde ese mismo modelo. La relación de equivalencia entre las magnitudes de dos objetos, o la relación de mayorancia entre ellas; la masa de dos objetos pueden ser equivalentes o la una mayor que la otra, por ejemplo.

c. **Las operaciones conceptuales que denotan las operaciones concretas sobre los elementos concretos:** lo propio es válido para las operaciones sobre los objetos concretos. La operación de unir la masa de dos objetos en una balanza o la de incrementar la velocidad de un cuerpo mediante la aplicación de una fuerza, por ejemplo.

Por último, en todo sistema físico existe un sistema simbólico que se refiere al sistema conceptual. En ciencias naturales es usual y deseable contar con un sistema simbólico que permita un “manejo funcional” del sistema conceptual cuando se trata de predecir y controlar lo que sucede en el nivel de los sistemas concretos. Los símbolos que se refieren a ciertos objetos (se puede decir algo como lo siguiente: “Sea un ascensor A de masa  $M = 100 \text{ kg} \dots$ ”) y los símbolos que se refieren a ciertas relaciones y operaciones (se puede seguir diciendo: “... es subido por un motor con una aceleración constante de  $1 \text{ m/s}^2 \dots$ ”) pueden ser utilizados para hacer cálculos precisos acerca de un estado futuro de los objetos (en el ejemplo que venimos ofreciendo se puede decir: “... Si el ascensor parte del reposo, ¿qué velocidad tendrá diez segundos después? ¿Cuál es la tensión T del cable que lo sube? ¿Si colgamos una balanza del techo y pesamos en ella un objeto cuyo peso real es 50 N, cuál será su peso aparente en la balanza?). Este sistema en forma equivalente a los otros dos sistemas está compuesto por:

a. **Elementos simbólicos que simbolizan los elementos conceptuales:** el símbolo M para el concepto de masa; el símbolo P para el concepto de peso...

b. **Relaciones simbólicas que simbolizan las relaciones conceptuales:** el símbolo = para simbolizar relaciones de igualdad entre magnitudes de la misma clase...

c. **Operaciones simbólicas que simbolizan las operaciones conceptuales:** el símbolo + para simbolizar la unión de dos magnitudes...

Lo usual es partir del uso de los sistemas simbólicos dejando casi totalmente de lado el problema de su relación con los conceptos y de éstos con los objetos y las relaciones y operaciones entre ellos. Nuestra propuesta aboga por partir de los sistemas concretos (Virginia en un ascensor que cae; un balón pateado con chanfle; el origen y evolución de las bicicletas) que serán concebidos, modelados desde los modelos activados que pertenecen a la enciclopedia<sup>16</sup>. de los estudiantes. Estos modelos serán modificados por el mismo sujeto a medida que avanza ese proceso de construcción y, en consecuencia, los conceptos se irán modificando también. En el momento en que los conceptos de los modelos del estudiante sean iguales o similares a los de la cultura, y sólo hasta ese momento, tiene sentido introducir la simbología correspondiente.

\* **Asegúrese de que todos los estudiantes hayan entendido el mismo problema.**

Una misma situación puede ser entendida como problemática desde diversas perspectivas. La pesadilla de Virginia, por ejemplo, fue entendida desde la perspectiva de cómo lograr que Virginia desde adentro del ascensor pueda ver en qué momento éste tocará el suelo. No se dejaron llevar por el implícito de que en los sueños muchas cosas son posibles y, por el contrario, hicieron énfasis en la parte de la pregunta que habla del caso en que esto suceda en realidad.

La discusión inicial es la única forma efectiva de llegar a un consenso (implícito la mayoría de las veces) acerca de cuál es el problema que se resolverá. Es importante para este momento observar la expresión de los estudiantes, hacer preguntas clave (que establezcan, para retomar el ejemplo, si lo que está buscando el estudiante es establecer de qué forma se puede ver en qué momento el ascensor tocará el suelo) y se los invita a que ellos mismos hagan preguntas; sus preguntas revelan frecuentemente las confusiones desde las cuales ellas se formulan.

Puede suceder, y de hecho a veces sucede, que el problema entendido por algunos estudiantes resulte ser más interesante que el planteado inicialmente; en este caso no debe dudarse en analizar el nuevo problema. En el caso de que el problema entendido sea trivial (como es el caso del ejemplo de establecer la forma como se puede ver desde adentro del ascensor cuándo éste va tocar el suelo) dentro de la discusión se debe hacer que el problema original sea el que será tratado. Ahora bien, en el caso de que se adopte un problema diferente del original, es indispensable volver sobre el original en el momento en que sea posible.

Si el planteamiento inicial del problema involucra algún arreglo experimental, es muy importante asegurarse de que todos entiendan los aparatos involucrados por más sencillos que éstos sean. En alguna ocasión se planteaba el problema de cuál sería la aceleración de un carro dinámico que era movido con la ayuda de un pesito en plomo y una polea. Una de las estudiantes no podía entender la solución que sus compañeros proponían. Al examinar la situación se pudo establecer que la estudiante asumía que la polea debía tener una función parecida a la de un motor. Cuando se le dijo que la polea no ejercía ninguna fuerza ella se negaba a aceptarlo; su argumento era muy interesante: “¿Si no ejerce ninguna fuerza, para qué la usan los obreros en las construcciones cuando suben materiales con un lazo?”

En el momento en que se puede asumir que todos han entendido el mismo problema es el momento de iniciar la discusión en forma.

### **\* Inicie la discusión sobre el problema.**

Como es fácil imaginar, la discusión es un proceso que toma mucho tiempo. Es de gran importancia no truncar el proceso porque se le ha dedicado mucho tiempo a un mismo problema o porque no se está cumpliendo con el programa. Este momento de discusión es crucial. Es el momento en que cada alumno activa sus modelos para intentar modelar aquel sector de la realidad que se presenta como problema. Es también el momento en que el profesor puede establecer sus propias hipótesis acerca de los modelos de sus alumnos.

Estas hipótesis le permitirán realizar dos funciones sumamente importantes. La primera es la de describir y evaluar el estado del proceso de construcción o reconstrucción de modelos y la segunda es la de asumir el papel de interlocutor válido y competente que actúa en función del estado del proceso. El profesor escogerá los argumentos que pongan en crisis los modelos de los alumnos; formulará aquellas preguntas que pongan en evidencia los vacíos, las inconsistencias; se callará cuando vea pertinente hacerlo (por ejemplo cuando vea que otro de los alumnos es quien plantea la pregunta clave o pone en crisis el modelo de su compañero; o cuando estima que es importante que los estudiantes tengan tiempo de razonar, de imaginar o de tratar de aclarar por su propia cuenta alguna duda).

Es de suma importancia que en este momento el profesor vele continuamente por mantener ese clima en el que debe haber instalado a los alumnos desde el principio, en el que prevalece la comunicación recta, veraz y con la cual se persigue en forma honesta únicamente el establecimiento de la verdad científica (que es en esencia transitoria, provisional). A esta verdad se llega cuando sea posible un consenso en la comunidad científica. Para ello es importante que insista siempre en que todos los estudiantes oigan los argumentos y razones de sus compañeros y que los respeten al mismo tiempo que los debaten o contradicen.

### **Pida a los estudiantes que expliciten los modelos desde los cuales argumentan en la discusión.**

Durante la discusión o debate se ha hecho evidente que los estudiantes argumentan desde ciertos modelos o teorías que hasta el momento han quedado implícitos. Cuando la discusión ha permitido llegar a un momento que podríamos llamar de madurez (en el ejemplo de la pesadilla de Virginia este momento llegó cuando fue claro que existían las tres posiciones en cuanto a la caída del ascensor con Virginia adentro (“el ascensor cae más rápido”, “el ascensor y Virginia caen igual”, “Virginia cae más rápido”) se les pide a los estudiantes que expliciten “lo que ellos piensan”. Es aconsejable incluso que lo hagan por escrito; el ejercicio de escribir su propio pensamiento es para los estudiantes muy benéfico (se les puede decir, por ejemplo, para la próxima semana traerán por escrito qué es lo que ustedes piensan acerca de este problema).

Después de que cada quien tiene oportunidad de plantear su modelo (la teoría del estudiante) en forma explícita, puede darse un nuevo momento de discusión que es importante dejar agotar. Algunos estudiantes pueden aceptar, durante este nuevo debate, que el modelo de alguno de sus compañeros es mejor que el propio y pueden reformarlo o adoptar el del compañero.

Es muy importante señalar que el maestro debe en todos los momentos de discusión conservar una posición entera e inmodificable-mente neutral. La mejor forma de hacerlo es resaltar los aspectos positivos de cualquier argumento, incluso y especialmente, si para él el argumento del alumno es errado. Ello no quiere decir que después el profesor o los demás estudiantes no vayan a examinar o señalar los aspectos negativos de ese mismo argumento. Se trata de hacer el ejercicio de situarse en la posición del otro y de tratar de entender, desde ella, el problema que se analiza. La

comprensión de la posición, del modelo del otro, es incluso necesaria para poder encontrar los buenos contra-argumentos que harán que el estudiante cambie su modelo.

El profesor no debe dejar pasar la oportunidad de resaltar la importancia de los buenos argumentos ofrecidos por los estudiantes que son considerados, por ellos mismos o por sus compañeros o el profesor, como “malos estudiantes” o “malos para ciencias”. Ésta es una oportunidad para desarticular estos prejuicios altamente nocivos para un salón de clases y fundamentalmente para el estudiante que es considerado de esta forma.

Al exaltar los buenos argumentos de los “malos estudiantes” se logra algo más y es que los argumentos de los “buenos estudiantes” pierden la autoridad que en general tienen y todos los alumnos adquieren una mayor libertad de pensamiento; en efecto, cuando se hace la división entre “buenos” y “malos” alumnos, todos tendrán una gran tendencia a pensar que los argumentos de los “buenos” alumnos son los correctos.

Llegará, después de que el proceso de intercambio de ideas y razones se agote, el momento en que es necesario realizar un experimento para dirimir la oposición entre los modelos.

Invite a los alumnos a que diseñen un experimento que dirima la oposición entre mo-delos.

Vasco (1996), en un trabajo sobre enseñanza de las ciencias, cita un aparte de un texto escrito por algunos profesores de ciencias muy calificados; el texto dice: “Entendemos la experimentación como una serie de actividades diseñadas, controladas y desarrolladas en un medio escolar”. Vasco dice lo siguiente sobre esta forma de entender la experimentación: “Efectivamente, eso describe lo que pasa en los laboratorios de los colegios y universidades. Pero para mí, la experimentación coherente con la epistemología piagetiana no puede ser ni tan diseñada como parece decirse en esta descripción, ni tan controlada, ni tiene que desarrollarse necesariamente en el medio escolar. Lo ideal sería que el alumno mismo pudiera orientar su actividad para poner a prueba sus propias hipótesis; que él mismo controlara las variables y los posibles errores, y que ojalá continuara sus actividades experimentales después de la jornada escolar”. La experimen-tación tal como la concebimos aquí es coincidente con la posición de Vasco. No se trata de que el profesor diseñe un experimento con todas las medidas y los controles bien planeados desde su propia concepción del problema. Se trata de que, por el contrario, tal como propone Vasco, los mismos estudiantes diseñen el experimento que pondrá a prueba sus propias hipótesis.

El experimento en un primer momento será muy probablemente deficiente, insuficiente para poner a prueba las hipótesis correspondientes; pero eso es lo de menos. Lo importante es que se haya logrado construir un buen contexto para el experimento. El buen contexto son los modelos opuestos en virtud de los cuales se esperan resultados opuestos. Este contexto garantizará que los resultados del experimento, cuales quiera que ellos sean, serán contrarios a las expectativas de un grupo de estudiantes. Ellos se encargarán de impugnar el experimento, si no hay otros estudiantes que se hayan ya percatado de que el experimento tiene algún error de procedimiento o de medida. Los cuestionamientos que los mismos alumnos le hagan al experimento permitirán ir disolviendo los problemas que el diseño inicial presentaba. Con ello se habrá ganado el objetivo primordial: que todos entiendan qué es un control experimental y, en el caso que los ocupa, por qué es indispensable hacer los controles que los diversos participantes en la discusión señalan como necesarios.

La experimentación así concebida, conserva su carácter de instrumento de contrastación de las teorías. La experimentación “ilustrativa” nos parece inadecuada especialmente en los primeros cursos de ciencias. Este tipo de experimentación se da cuando el profesor establece en la clase teórica qué debe acontecer en determinadas circunstancias según una determinada teoría. En el laboratorio correspondiente realiza un experimento para mostrar que en efecto sucede lo que dice la teoría que debe suceder; si tiene experiencia y algo de suerte, sucede algo muy parecido a lo predicho; si no, obtiene un resultado muy diferente y se ve obligado a decir que por problemas del material o de ciertas circunstancias el experimento no arrojó los resultados esperados, pero que si se hubiera realizado en las condiciones requeridas por la teoría sí se hubieran observado los resultados esperados.

Aquí el papel del profesor cambia radicalmente. Su misión no consiste ya en preparar un experimento sin defectos para mostrarle al alumno que “la teoría es verdadera”, sino, como anota Vasco en el documento citado, en contar con una buena cantidad de material variado, ojalá cercano a la vida cotidiana, que él ofrecerá oportunamente a sus alumnos cuando ellos lo pidan o lo sugerirá hábilmente cuando ellos no imaginen la posibilidad de utilizarlo. El profesor experimentado, que conoce las “teorías de sus alumnos” sabrá anticiparse a las necesidades creadas por ellas y contará en el laboratorio con el material idóneo para contrastarlas.

El experimento concebido de esta manera, guarda en el salón de clase el mismo sentido de ser un instrumento para construir conocimiento válido y convincente. El experimento debe encontrarse siempre como una pieza clave dentro de un proceso de argumentación. Como lo señala Vasco en el mismo documento, “no se debe permitir a los estudiantes empezar a experimentar sólo ‘para ver qué pasa’, sin haber formulado antes predicciones precisas, y sin haber dado razones y explicaciones hipotéticas para sustentar cada predicción. Los estudiantes cambian sus predicciones si no

sucede lo que ellos creían, y no aceptan tan fácilmente comprometerse con una predicción y arriesgarse a 'quedar mal'. Muchas veces es conveniente exigir que se ponga por escrito, en el tablero o en una hoja de papel, la predicción o la razón para ella." Las teorías de los alumnos le dan el valor de un verdadero experimento al experimento en el salón de clases.

Después de diversos intentos, después de repetir varias veces el experimento mejorado cada vez por las críticas y las sugerencias de los alumnos o del profesor, cuando él lo considere pertinente (cuando vea por ejemplo que ninguno de los alumnos señala un error de medida o la falta de control de una variable), se puede establecer cuál fue el modelo respaldado por los resultados del experimento.

**\* Realice un balance de las implicaciones para el modelo de los resultados del experimento: es el momento de la reflexión, de la reinterpretación generadora.**

Una vez aceptados los resultados del experimento viene el momento de la reflexión: ¿cuál modelo resultó ser válido? Si ninguno resultó ser válido, ¿se podría construir uno que sí lo sea?

En el trabajo de Vasco que venimos citando, se dice que:

Piaget era demasiado optimista respecto a la probabilidad de que ocurra una nueva estructura mejorante después de la desequilibración y la desestructuración. Desafortunadamente, he podido comprobar, como seguramente lo han hecho ustedes, que la mayoría de los alumnos normales toman uno de los siguientes caminos:

- no se dejan desequilibrar ni desestructurar, por más esfuerzos que hagamos (en esos casos ocurre lo que los psiquiatras llaman "negación");
- sí se desequilibran y desestructuran, pero no les importa quedarse desequilibrados y desestructurados en su estado anterior (ocurre lo que los psiquiatras llaman "regresión");
- sí se desequilibran y entran en oscilaciones, pero éstas no son lo suficientemente fuertes para desestructurarles sus preconcepciones (no logramos salir de la zona de homeostasis de su sistema preconceptual);
- sí se desequilibran y desestructuran, y llegan a construir algo nuevo, pero al poco tiempo, muchas veces ya al día siguiente, se les derrumba otra vez todo lo que construyeron.

Pensamos que una de las grandes ventajas de lograr instalar al estudiante en un ambiente de discusión, de reflexión, es que no se dan los resultados señalados en la anterior cita, que son sin duda los que se dan la mayoría de las veces en condiciones normales. Lo que se observó en el trabajo de investigación citado, es que cuando el profesor lograba involucrar en la discusión a todos los alumnos, todos ellos llegaban a construir algo nuevo. Posiblemente algunos de ellos se encontraban en el cuarto caso y al poco tiempo lo que construyeron se les derrumbó; las pruebas aplicadas no fueron construidas para medir este fenómeno, pero los mejores resultados observados en los grupos experimentales dejan abierta la posibilidad de que estos casos sean menos que los que comúnmente se dan.

**\* Invite a los estudiantes a establecer implicaciones del nuevo modelo construido: nuevos experimentos, nuevas relaciones que se derivan de él.**

El nuevo modelo permite concebir de una nueva forma el sector de la realidad en el que está ubicado el problema planteado. De acuerdo con esta nueva forma de ver lo real se hacen evidentes nuevas relaciones y otras se tornan imposibles, absurdas. Si el nuevo modelo ha de ser considerado verdadero, debe modelar adecuadamente la realidad. Es necesario pensar entonces en nuevos problemas, en nuevos experimentos que permitan poner a prueba este nuevo modelo.

Ésta es también la reacción que se da en las comunidades científicas cuando se construye un nuevo modelo. Nuevamente entonces se cumple con el ideal de reproducir los procesos reales de construcción de conocimiento en el salón de clases.

Esta es sin duda, en nuestra opinión, la mejor forma de establecer un contrato didáctico. Joshua y Dupin (1993) entienden por contrato didáctico aquel que

por medio de mecanismos más implícitos que explícitos, (...) se teje entre el profesor y los alumnos en relación con el



conocimiento. Este contrato establece los roles, los sitios y funciones de cada una de sus partes. Fija las actividades que se esperan del profesor así como de los alumnos, los sitios respectivos de cada uno de ellos con respecto al conocimiento tratado, y fija, incluso, las condiciones generales en las cuales estas relaciones con el saber evolucionarán durante el proceso de enseñanza (pág. 6).

Los componentes que hemos descrito y que conforman la alternativa propuesta, pensamos que permiten instalar al estudiante en un ambiente de producción intelectual, de producción científica, que le permite aprender en forma creativa; en otras palabras, creemos que con la aplicación de esta propuesta didáctica, el aprendizaje se convierte en lo que debe ser: una actividad creadora, constructora de conocimientos. Dicho de otra forma, la tarea de enseñar ciencias se convierte en la tarea de simular para el alumno un ambiente equivalente a aquél en el que el científico construye teorías y diseña arreglos experimentales para contrastarlas, con el fin de que, al igual que el científico, el estudiante construya, o para ser más precisos, reconstruya conocimiento acerca de los fenómenos estudiados por las ciencias naturales. Esta actividad de reconstrucción es el mejor camino para lograr la comprensión cabal de estos fenómenos.

Para terminar, quisiéramos anotar que esta alternativa no debe ser entendida como una secuencia rígida de “pasos”; en efecto, es posible que surja la necesidad de volver sobre uno de sus componentes o que la forma como los estudiantes lleven la discusión los haga abordar un nuevo componente sin haber agotado el anterior. Dicho esto, es también importante resaltar que se trata de una secuencia lógica que, al ser adoptada aumenta la probabilidad de optimizar los resultados. Además de la secuencia que hemos señalado; sin duda existen otras secuencias igualmente lógicas, e incluso, otras alternativas didácticas diferentes en pos de las cuales invitamos a los docentes a trabajar y a emprender investigaciones con el fin de mejorar su práctica docente y aumentar el número de alternativas viables.

---

<sup>15</sup> El problema que hemos bautizado la pesadilla de Virginia es el siguiente:

“Una mañana Virginia se despertó exaltada y sudorosa: había tenido una pesadilla. Soñó que bajaba en el ascensor de un edificio muy alto y que cuando iba a la altura del décimo piso, los cables del ascensor se reventaron. El ascensor, con ella adentro, empezó a caer produciéndole un vértigo impresionante. En el sueño Virginia pensó: ‘Si brinco fuerte hacia arriba, justo en el momento en que el ascensor vaya a tocar el suelo, me salvaré’. Pero en el instante mismo en que se disponía a saltar, Virginia se despertó y se vio sentada en su cama muy asustada. Se preguntó entonces: ‘Si mi pesadilla hubiera sido realidad, ¿me hubiera salvado brincando con todas mis fuerzas hacia arriba justo antes de tocar el piso?’”

¿Qué opinas tú? ¿Será éste un método efectivo para salvarse en un accidente como el que Virginia sufrió en su pesadilla?

Cualquiera que sea tu opinión, que se salva o que no se salva, por favor di cuáles son las razones que te llevan a concluir lo que concluyes. Piensa en estas razones y apúntalas en la forma más clara y lógica posible. En una discusión en grupo tendrás que exponerlas ante tus compañeros con el fin de encontrar cuál de todas las posibles respuestas a este problema es la mejor.

<sup>16</sup> El concepto de enciclopedia introducido por Umberto Eco lo utilizamos en otro trabajo (Vasco et al., 1995) para explicar la forma como un individuo moldea lo real para convertirlo en su realidad.

---

## Segunda Parte: Implicaciones Pedagógicas y Didácticas

### 2. Objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales y educación ambiental

#### 2.1 Objetivo general del área

#### 2.2 Objetivos específicos

---

### 2. Objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales y educación ambiental

## 2.1 Objetivo general del área

- Que el estudiante desarrolle un pensamiento científico que le permita contar con una teoría integral del mundo natural dentro del contexto de un proceso de desarrollo humano integral, equitativo y sostenible que le proporcione una concepción de sí mismo y de sus relaciones con la sociedad y la naturaleza armónica con la preservación de la vida en el planeta.
- 

## 2. Objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales y educación ambiental

### 2.2 Objetivos específicos

- Que el estudiante desarrolle la capacidad de:
    - Construir teorías acerca del mundo natural.
    - Formular hipótesis derivadas de sus teorías.
    - Diseñar experimentos que pongan a prueba sus hipótesis y teorías.
    - Argumentar con honestidad y sinceridad en favor o en contra de teorías, diseños experimentales, conclusiones y supuestos dentro de un ambiente de respeto por la persona de sus compañeros y del profesor.
    - Imaginar nuevas alternativas, nuevas posibilidades en el momento de resolver un problema, de formular una hipótesis o diseñar un experimento.
    - Hacer observaciones cuidadosas.
    - Trabajar seria y dedicadamente en la prueba de una hipótesis, en el diseño de un experimento, en la toma de medidas y en general en cualquier actividad propia de las ciencias.
    - Desarrollar el amor por la verdad y el conocimiento.
    - Argumentar éticamente su propio sistema de valores a propósito de los desarrollos científicos y tecnológicos en especial a propósito de aquellos que tienen implicaciones para la conservación de la vida en el planeta.
    - Contribuir con el desarrollo de una emocionalidad sana que le permita una relación armónica con los demás y una resistencia a las frustraciones que puedan impedirle la culminación de proyectos científicos, tecnológicos y ambientales.
    - Contribuir con la construcción de una conciencia ambiental en el estudiante que le permita tomar parte activa y responsable en toda actividad a su alcance dirigida a la conservación de la vida en el planeta.
    - Contribuir con el desarrollo de una concepción en el estudiante de la técnica y la tecnología como productos culturales que pueden y deben ser utilizados para el beneficio humano dentro del contexto de un desarrollo sostenible.
- 

## Tercera Parte: Un Ejemplo de Aplicación de los Lineamientos

1. Una propuesta curricular para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental

2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental

---

## **Tercera Parte: Un Ejemplo de Aplicación de los Lineamientos**

### **1. Una propuesta curricular para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

1.1 Aspectos generales de la propuesta

1.2 Las ciencias naturales y la educación ambiental

1.3 Explicación de la estructura curricular propuesta

1.4 Una propuesta de contenidos básicos del área de ciencias naturales y educación ambiental para la educación preescolar

---

### **1. Una propuesta curricular para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

#### **1.1 Aspectos generales de la propuesta**

La propuesta curricular para el área de Ciencias naturales y educación ambiental, que ahora exponemos, se fundamenta en tres ideas centrales. Ellas son: 1) La educación es un proceso que debe estar centrado en el alumno<sup>17</sup>. 2) Las ciencias son una forma de conocer del ser humano que puede ser entendida como un continuo de diversos niveles de complejización de los procesos en cuyos extremos se pueden encontrar las ciencias naturales (que estudian los procesos físicos, químicos y biológicos) y las ciencias sociales (que estudian los procesos culturales), pero entre ellas no existen divisiones claramente determinadas; los diversos tipos de clasificaciones son convencionales y tienen la función de permitir organizar teóricamente el conocimiento científico. En el “extremo” de las ciencias naturales se pueden hacer divisiones también convencionales, que ya hemos mencionado, entre física, química y biología, que nos permiten organizar los contenidos curriculares y las actividades académicas. 3) Todo conocimiento proviene del Mundo de la Vida y tiene sentido sólo en él. En forma más amplia, el conocimiento científico es una construcción social que tiene como objetivo final la adaptación vital de la especie humana y este carácter no debe ser olvidado por el profesor de ciencias.

Como lo hemos afirmado en la primera parte de los referentes filosóficos epistemológicos, el científico y el profesor de ciencias olvidan a menudo este Mundo de la Vida, lo que lleva a quitarle el sentido, el significado al conocimiento científico. Por esta razón hemos puesto justo después de la introducción, tal como lo hemos explicado, un capítulo que tiene como fin señalar este olvido con la intención de que, con ello, los profesores de ciencias no incurran en él.

Consideramos, por supuesto, al ser humano como centro del proceso educativo: exponemos los procesos de pensamiento y acción que le permiten al ser humano durante toda su vida y, en particular, en todos los niveles de la educación formal construir conocimiento científico. Posteriormente (en el numeral 1.2 de esta parte) nos encargamos de desarrollar el tema que es objeto de nuestra propuesta: las ciencias naturales y la educación ambiental. Se hace énfasis en que ellas son una fuente de conocimiento de gran importancia para el logro de un equilibrio ambiental en las relaciones hombre-naturaleza-ciencia-tecnología-sociedad, preocupación central de la educación científica. En el numeral 1.3 de esta tercera parte se propone una estructura para organizar el currículo de ciencias naturales y educación ambiental y en el 1.4 se hace una propuesta de contenidos básicos para el área desde el preescolar hasta el undécimo grado.

---

<sup>17</sup> Ver artículo 91 de la Ley 115 de 1994: “El alumno o educando es el centro del proceso educativo y debe participar activamente en su propia formación integral”.

---

## **1. Una propuesta curricular para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

### **1.2 Las ciencias naturales y la educación ambiental**

Hemos señalado las principales propiedades de las ciencias naturales (incluyéndolas en forma implícita dentro de las ciencias factuales<sup>18</sup> en general) mediante afirmaciones sencillas acerca de ellas, denominadas “Supuestos de base”, que han sido organizados en grandes grupos bajo los títulos de “Naturaleza de la ciencia”, “Conocimiento común, científico y tecnológico” y “Ciencia, tecnología y practi-cidad...”. En este aparte queremos referirnos en forma explícita a su carácter de “naturales” y fundamentar la propuesta que hacemos sobre una “Estructura general para organizar el currículo”. Esta estructura se encuentra expresada en el cuadro que incluimos al final del presente documento.

Cuando hablamos de ciencias factuales nos estamos refiriendo a las ciencias que se ocupan de los procesos que tienen lugar en el Mundo de la Vida. Las oponemos a las ciencias formales que se ocupan de estudiar algunos procesos que tienen lugar en la mente de los científicos, como son el razonamiento matemático y el razonamiento lógico; es importante anotar que estas formas de razonamiento son utilizadas por los científicos de diversas formas cuando estudian los procesos del mundo; pero en estos casos, la matemática y la lógica son “instrumentos” que se ponen al servicio del conocimiento del mundo. Para el matemático y el lógico son en cambio construcciones científicas que constituyen el objeto mismo de su actividad científica. En este sentido pues, las ciencias pueden ser divididas en dos grandes grupos: las ciencias factuales y las ciencias formales.

Ahora bien, dentro del subconjunto de las ciencias factuales podemos establecer otra diferenciación. En un lado podemos poner a las ciencias que se ocupan de los procesos naturales y del otro aquellas que se ocupan de los procesos culturales. Los procesos naturales serían aquellos que no tienen que ver con el hombre y los que tienen que ver con él, pero sólo con la intervención directa, en tanto que especie biológica. En los procesos culturales, por el contrario, el hombre como especie cultural (es decir una especie social, histórica, ética, estética y psicológica que gracias a la interacción entre sus integrantes construye cultura) es el protagonista.

Tomemos algunos ejemplos de procesos naturales: El Big Bang; la evolución de las especies; la formación de estrellas; el choque entre capas tectónicas; la extinción de una especie animal o vegetal, la fotosíntesis; la desintegración (o “integración”) del átomo; la gravitación de la luna alrededor de la tierra. Contraponemos estos procesos naturales a algunos culturales: la Revolución Francesa; la caída del muro de Berlín; el Renacimiento en las artes y las ciencias; el descubrimiento de América; el boom de la literatura latinoamericana; el nacimiento y la evolución del rock; la segunda guerra mundial; la construcción de la primera bomba atómica; la llegada del hombre a la luna.

Sin el ánimo de ofrecer una definición rigurosa de las ciencias naturales, hemos hecho una caracterización que es suficiente para fundamentar nuestra propuesta. Las definiciones rigurosas son, en este terreno, imposibles: no pueden establecerse límites claros y sensatos entre un tipo y otro de ciencia. Siempre es posible dar ejemplos de procesos que son claramente naturales y ejemplos de procesos que son claramente culturales. Pero existen muchos otros para los cuales es difícil tomar una decisión sobre si pertenecen a una clase o a otra. El Big Bang, por ejemplo, es claramente un proceso natural; la Revolución Francesa es claramente un proceso cultural; pero cuando hablamos de la extinción de una especie por la utilización de un plaguicida es difícil decir si esto es sólo un proceso natural o también tiene que ver con cierta forma de concebir y utilizar la tecnología que es ante todo un proceso cultural.

Tenemos entonces que, resumiendo, las ciencias naturales son aquellas ciencias factuales que se ocupan de los procesos naturales, entendiendo por natural aquellos procesos que ocurren sin que los sistemas a quienes los atribuimos lo sufran conscientemente o los cambien intencional-mente. Por ejemplo, mientras los chimpancés no cambian su comportamiento para engañar a los etólogos, o se indignen por ser observados, la etología de las bandas de chimpancés sigue siendo una ciencia natural, así los etólogos estén enseñándoles trucos, rutinas y hasta símbolos a los mismos chimpancés. Pero se han registrado algunos casos en los que se podría interpretar que algunos de los chimpancés que aprenden símbolos los utilizan para decirles mentiras a sus maestros, y hasta para burlarse de los etólogos y luego reírse de ellos. En ese caso, la etología del sistema formado por los chimpancés y los etólogos ya no sería una ciencia natural.

Ahora bien, los procesos estudiados por las ciencias naturales los hemos dividido en tres grandes categorías: Los Procesos Biológicos, los Procesos Químicos y los Procesos Físicos. Estas tres categorías responden a tres niveles de resolución o niveles de detalle en el análisis de los procesos. En efecto, los procesos biológicos pueden ser descompuestos en procesos químicos, y éstos a su vez pueden ser descompuestos en procesos físicos.

Nuevamente, estas divisiones no deben ser entendidas como demarcaciones nítidas que separan todos los procesos físicos de los químicos y éstos de los biológicos. Aquí nuevamente hay ejemplos para los cuales es difícil tomar una decisión. Existen por así decirlo zonas grises, que no son ni negras ni blancas. En ellas se encuentran precisamente disciplinas como la psicoquímica, la bioquímica, la ecología, que son hibridaciones de disciplinas que surgen como respuesta a aquellos problemas que se dan en esas zonas grises.

Si miramos las relaciones entre estos procesos en sentido inverso, podemos ver reflejado un cierto orden evolutivo del universo. En el momento del Big Bang sólo podemos hablar de procesos físicos. Para dar cuenta de esta gran explosión utilizamos conceptos como los de temperatura, energía y partículas elementales. Poco después podemos hablar de los átomos más sencillos de helio e hidrógeno. Más adelante se habla de átomos más complejos. Hasta aquí el tipo de relaciones y de transformaciones estudiadas son únicamente físicas. Cuando los tipos de átomos existentes interactúan y conforman moléculas simples y complejas, surge un nuevo tipo de relaciones y transformaciones que llamamos químicas. Tenemos entonces un mundo físico y químico. Cuando las relaciones químicas se complejizan de una manera que entendemos todavía de una forma parcial, y dan surgimiento a aquello tan difícil de captar en una definición y que denominamos "Vida", surgen nuevos tipos de relaciones y transformaciones que denominamos biológicas. Nuestro mundo se compone entonces ya de procesos físicos, químicos y biológicos. Si dentro de las transformaciones biológicas seguimos de cerca la evolución de las especies vivas, y dentro de éstas seguimos a los mamíferos que se transforman en la especie humana, obtendremos niveles de integración mayores de estas relaciones y transformaciones que serán estudiadas por la psicología, la sociología, la antropología, la economía, la historia,...

Vistas las cosas de esta manera, las ciencias naturales y las ciencias sociales se constituyen en dos extremos de una serie de disciplinas científicas ordenada por los niveles de integración de los procesos por ellas estudiados. Las ciencias naturales cubrirían uno de los extremos de este continuo en tanto que las sociales cubrirían el otro. Dentro de este continuo se han distinguido diferentes tipos de procesos (los biológicos, los químicos y los físicos) con el fin de facilitar la organización de los temas que proponemos como importantes y que, en consecuencia, sería necesario incluir dentro del programa de ciencias naturales. Pero, como lo hemos anotado ya y lo reiteramos en el momento de explicar el cuadro en el que hacemos una propuesta de estructura general para organizar el currículo, (al final del presente documento) estos fraccionamientos convencionales se adoptan fundamentalmente pensando en la claridad de exposición de las ideas y no porque se piense que ellos corresponden a mundos diferentes o a sectores cualitativamente diferentes del mundo. Se quiere, por el contrario, lograr conservar una unidad en la forma de exponer los temas que haga de diversas maneras alusiones a la unidad del mundo. Para ello se propone la idea de articular los temas en torno a conceptos estructurantes como son los siguientes: "materia", "tiempo", "espacio", "energía", "vida", "diversidad", "sistema", "ecosistema". Estos conceptos estructurantes se integran a su vez en torno a lo que podríamos llamar una forma de funcionamiento universal, a saber, los procesos evolutivos.

El hilo conductor de la propuesta expresada en el cuadro que representa la estructura curricular (recomendamos al lector tener el cuadro enfrente para leer lo que a continuación se dice acerca de él) es pues la idea de que todo lo que nos circunda puede ser concebido como un sistema de sistemas cuyo estado actual es producto de una historia evolutiva que comienza, en primera instancia, y según hoy conocemos, en la gran explosión (el Big Bang). Desde esa perspectiva se mira al estado actual del planeta tierra como producto de transformaciones dentro del sistema solar, al estado del sistema solar como producto de transformaciones dentro del sistema galáctico y al estado de este último como producto de las transformaciones que se dan dentro de ese "enjambre" que es el sistema de galaxias. Desde esa misma perspectiva vemos a la vida como el producto de un proceso cuya materia prima no es otra cosa que el "polvo estelar" que ha tenido una historia evolutiva de miles de millones de años. Y al movimiento de las placas tectónicas como un testimonio vivo de ese proceso evolutivo de los planetas del universo.

Dentro de todos los procesos evolutivos de los diversos sistemas que podemos delimitar en nuestro universo, se propone dar mayor importancia a aquellos que actualmente tienen vigencia por estar vinculados u ofrecer explicaciones científicas a problemas que aquejan a nuestras sociedades (como son la destrucción de ecosistemas por la utilización irreflexiva de los productos tecnológicos) o por ser de gran importancia en la construcción de un conocimiento unificado del mundo (como son los mecanismos de transmisión hereditaria o las formas de intercambio y transformación de energías). Estos procesos son precisamente los que se han incluido en las columnas que conforman las tres grandes columnas centrales del cuadro y que hemos denominado los procesos físicos, químicos y biológicos.

La educación ambiental que pretende desarrollar competencias para tratar los problemas ambientales, como los que acabamos de señalar, es un excelente caso para plantear otro problema. Muchas situaciones de la realidad deben ser abordadas desde diversas regiones del saber. La educación ambiental, sin duda, se puede enfrentar desde la perspectiva de las ciencias naturales. En efecto, los impactos que ciertas actividades humanas tienen sobre los diversos ecosistemas pueden ser estudiados apoyándonos en los conocimientos físicos, químicos y biológicos. Pero, también sin

ninguna duda, pueden ser abordados desde la sociología, la antropología, la economía, la historia y la geografía. Incluso, se pueden encontrar ejemplos en donde lo que se puede decir desde las ciencias naturales es ya bien conocido y no permite arreglar los problemas.

Tomemos un ejemplo bastante actual. El río Bogotá, uno de los más contaminados del mundo, no ofrece problemas insolubles para las ciencias naturales. Sin embargo, el problema hasta ahora no se resuelve. Y es que éste es más de tipo social, político, económico y educativo que de tipo químico o biológico. El proceso de contaminación no puede ser detenido por los costos que ello implica, porque no se pueden cambiar fácilmente las prácticas culturales o los hábitos de la gente (el uso de detergentes, por ejemplo), porque las leyes no prevén ciertos procedimientos o no se llega a ciertos acuerdos. En este sentido, la educación ambiental debe ser abordada tanto desde la perspectiva de las ciencias naturales como desde la de las ciencias sociales adoptando posiciones que recojan cada una de estas perspectivas en forma coherente.

---

<sup>18</sup> Nos hemos referido siempre a las ciencias factuales y no nos hemos ocupado para nada de las ciencias formales tales como las matemáticas y la lógica. Esto está más allá del objetivo del presente documento.

---

## 1. Una propuesta curricular para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental

### 1.3 Explicación de la estructura curricular propuesta

En el cuadro que incluimos al final del documento se presenta una propuesta con ejemplos de estructuración curricular del área de ciencias naturales y educación ambiental, teniendo como ideas articuladoras: a) el sujeto que actúa para construir conocimiento, representado en los procesos de pensamiento y acción; b) el conocimiento científico básico por reconstruir; y c) el Mundo de la Vida de donde proviene y al cual se refiere todo conocimiento. El conocimiento científico básico, construido y compartido hasta ahora por la comunidad científica y por reconstruir, criticar y superar por parte de los que ahora trabajan sobre problemas parecidos, se organiza a su vez atendiendo a los tres tipos de procesos que se dan en la naturaleza: los procesos biológicos, químicos y físicos. Los contenidos disciplinares del cuadro (es decir los temas que aparecen en las casillas) son sencillamente un ejemplo de como esta estructura puede ser desarrollada. Los maestros de las diversas partes de Colombia pueden encontrar otros ejemplos que responderán de mejor manera a las necesidades y circunstancias de cada localidad. Para ello pueden tomar el cuadro vacío y llenarlo con otra propuesta curricular apropiada para su situación particular, la de sus alumnos y la comunidad.

El cuadro está dividido en cuatro grandes columnas: La primera (que no hemos mencionado hasta el momento) es muy sencilla: nos sirve únicamente para numerar los NIVELES DE COMPLEJIDAD de los procesos de pensamiento y acción por los cuales van pasando los estudiantes según los bloques de grado a través de los cuales se van cambiando los códigos lingüísticos; dichos cambios se representan por líneas horizontales que atraviesan todas las columnas. Es importante recalcar que no se señalan los diversos grados escolares en forma específica, ya que esa estructuración depende de las características de los estudiantes, del centro docente y de su entorno y en consecuencia, los contenidos pueden ser manejados flexiblemente dentro de cada bloque de grados.

La segunda gran columna, que lleva el título de PROCESOS DE PENSAMIENTO Y ACCIÓN, debe considerarse como aquella que "rige" las demás: es pues la columna rectora; en efecto, en ella se han incluido tres columnas que se refieren a tres momentos cruciales por los que todo individuo, y en particular el alumno, pasa cuando construye conocimiento; es pues la columna que se refiere al sujeto que actúa para conocer. En este sentido, esta propuesta de estructuración curricular es congruente con el artículo 91 de la Ley General de Educación que establece que "el alumno o educando es el centro del proceso educativo y debe participar activamente en su propia formación integral" (Ministerio de Educación Nacional, 1995).

La primera de las tres columnas en que se divide la gran columna rectora, lleva el subtítulo "Cuestionamiento, explicitación de teorías y formulación de hipótesis" contiene en sus niveles de complejidad lo que a diversas edades se puede y se debe esperar de un niño, y posteriormente de un joven (expectativas), en cuanto al conjunto de interrogantes, teorías e hipótesis que toman parte en un proceso constructivo. Todo este proceso puede resumirse diciendo que es el momento de las expectativas. El lugar que ocupa cada una de estas columnas no se refiere de ninguna manera al orden en que los momentos que ellas señalan se dan en un proceso de conocer algo nuevo. De hecho, toda construcción de conocimiento pasa una y otra vez por cada uno de estos momentos en forma de una espiral ascendente.

La primera línea o nivel de complejidad de esta primera columna (que abarca desde el grado cero hasta el tercer grado) comprende varios subniveles. El primer subnivel se refiere a diversas formas en que se puede esperar algo acerca del mundo físico. Se incluyen las preguntas del tipo ¿Qué...?, ¿Cómo...? ¿Por qué...? y ¿Para qué...? que constituyen la forma más sencilla de esperar algo acerca del mundo físico, se espera que algo suceda y se pregunta qué es lo que sucederá o cómo sucederá. Más adelante analizaremos los ejemplos de contenidos científicos que se prevén en el cuadro y que ilustran este momento cuya forma lógica es la más sencilla y, además, el momento más sencillo de avanzar evolutivamente. Las preguntas del tipo ¿qué...? se contestan en general con la descripción de un objeto o un evento. Las preguntas de tipo ¿cómo...? se contestan con la descripción de un proceso. Las preguntas del tipo ¿por qué...? son las más difíciles de contestar, pues rara vez tienen respuestas definitivas. Generalmente hay una respuesta inicial que lleva a otra pregunta más fundamental. El valor del porqué radica en que esa pregunta lleva a las explicaciones, las teorías, las atribuciones causales, el razonamiento predictivo a partir de la formulación y puesta en marcha de modelos internos. Esa pregunta es la que permite detectar las preteorías o concepciones alternativas de los alumnos. Las preguntas del tipo ¿para qué...? se refieren a los propósitos, finalidades o logros que se buscan alcanzar al interactuar con objetos y eventos del mundo y al desarrollar procesos. El segundo subnivel de esta columna se refiere a preguntas en las que se pide señalar similitudes o diferencias entre objetos; esto supone un nivel algo mayor desde el punto de vista lógico; en efecto, supone la descripción de dos o más objetos y una posterior comparación del conjunto de propiedades que poseen. Desde el punto de vista evolutivo, exige del estudiante la capacidad de tomar en cuenta diversas perspectivas y poder situarse en el punto de vista del otro (descentrarse en la terminología de Piaget) para poder hacer descripciones exhaustivas e intersubjetivas (objetivas). El siguiente subnivel se refiere a la comparación de procesos. Es natural que la descripción de un proceso incluya la descripción de diversos momentos del proceso que pueden ser más o menos equivalentes a la descripción de un objeto; en este sentido éste es un subnivel de mayor complejidad que el anterior.

El segundo nivel de complejidad (que abarca los grados cuarto, quinto y sexto) comprende también varios subniveles. El primero incluye preguntas de un tipo cualitativamente diferente al de los subniveles anteriores; en efecto, no se trata ya de decir cómo es el mundo, sino cómo sería en determinadas circunstancias, (hipótesis predictivas) lo cual implica que se cuente ya con alguna teoría, aunque sea muy sencilla, acerca del mundo. En efecto, ello supone, por un lado, imaginar un estado de cosas no actual y, por otro, imaginarlo en función de la teoría o de una o unas hipótesis derivadas de ella, acerca de cómo se comporta el mundo en las circunstancias en las que hay que imaginarlo. Es evidente entonces la mayor complejidad de este subnivel con respecto a los anteriores, tanto desde el punto de vista lógico como evolutivo: una hipótesis exige el uso de implicaciones (que por su estructura lógica son más difíciles de comprender) y de la posibilidad de imaginar un mundo diferente al que se observa lo cual implica poder operar sobre operaciones mentales y sobre proposiciones que describen estos estados posibles.

Los subniveles siguientes en esta columna serán una complejización progresiva del tipo de preguntas que se tratan en el segundo nivel. Así, en el subnivel siguiente se trata de plantear el mismo tipo de preguntas con un elemento nuevo; para responderlas se utilizarán promedios de datos y no todos sencillos. En otras palabras, se formularán hipótesis que exijan la utilización de promedios de datos para su contrastación.

Aquí es de gran utilidad hacer algunos señalamientos que son válidos para todo el cuadro. El primero es que los subniveles señalan el momento en que se da por primera vez un tipo de pregunta, de acción, de reflexión y de ninguna manera quiere decir que sólo en ese nivel éstas deben darse; por ejemplo, en los tres primeros subniveles se incluyen las descripciones y clasificaciones de objetos y eventos, esto no quiere decir que a partir del cuarto subnivel no se hagan más descripciones o que el estudiante sea ya capaz de hacer todo tipo de descripciones. Por el contrario, seguirá haciendo descripciones hasta el último subnivel y seguramente sus capacidades intelectuales harán que ellas sean cada vez más refinadas. El segundo señalamiento es que los niveles son envolventes; en otras palabras, cualquier nivel o subnivel supone e incluye los anteriores. En efecto, para tomar como ejemplo el subnivel que venimos de mencionar, no es posible formular las hipótesis que serán contrastadas mediante el uso de promedios de datos, sin saber qué es formular una hipótesis. El tercero y último señalamiento, es que los niveles corresponden a los bloques de grados como lo hemos ya señalado, pero un subnivel no corresponde necesariamente a un grado. Puede darse entonces el caso de que en un sólo curso (o período académico de un año) introduzcamos uno, dos o tres subniveles y en otro no introduzcamos sino uno sólo. Todo depende de los logros obtenidos por los alumnos.

En el último subnivel del segundo nivel se hace énfasis sobre el hecho de que al formular una hipótesis se haga en términos de relaciones ordinales o cualitativas (hipótesis de la forma “cuanto mayor sea la cantidad A, mayor será la cantidad B”, por ejemplo) y que la posible existencia de esta relación se sustente en un conjunto de argumentos bien relacionados entre sí; en otras palabras, que el estudiante cuente con una teoría explicativa para respaldar su hipótesis.

El tercer nivel (que abarca los grados séptimo, octavo y noveno) incluye un elemento más con respecto al anterior: las relaciones no sólo pueden ser ordinales sino que, además, deben poderse expresar en términos cuantitativos, (el estudiante debe poder decir algo así como lo siguiente: “La cantidad B es igual al doble de la cantidad A” o “la cantidad B es igual a cuatro veces la cantidad A más una cantidad K constante”). La introducción de estos subniveles tendrá que tener en cuenta el desarrollo curricular del área de matemáticas para lograr coherencia entre la construcción del conocimiento de los sistemas matemáticos y la construcción del conocimiento de los procesos biológicos, químicos y

físicos. Esta integración es importante por varias razones. La primera es que ésta es una forma de entender integralmente el pensamiento humano y hacer que la enseñanza sea armónica con esta concepción<sup>19</sup>. La segunda es que el conocimiento matemático surge de la necesidad de entender el mundo que nos rodea y todo desarrollo matemático debe guardar relación con su origen para no perder su sentido. La tercera es que en la enseñanza de las ciencias no se debe perder de vista el papel de modelos teóricos (y por consiguiente hipotéticos) que diversos sistemas matemáticos pueden tener y de hecho tienen.

En el octavo subnivel se adiciona un elemento más relacionado con lo que venimos de señalar: poder expresar las relaciones cuantitativas en términos de ecuaciones lineales y poder utilizarlas como modelos algebraicos de una cierta relación entre variables del mundo físico. En otras palabras, el estudiante debe poder formular un modelo algebraico lineal que describa adecuadamente un determinado proceso que se da en un sistema físico.

En el último subnivel del tercer nivel se complejizan los modelos algebraicos que se utilizan para describir los procesos y se pide que los estudiantes sean capaces de hacer deducciones de estos modelos que, por su carácter de hipótesis, pueden ser contrastados experimentalmente.

En el cuarto nivel (que abarca los grados décimo y undécimo) se hace énfasis en el carácter holístico de las teorías y se pide al estudiante que sea capaz de entenderlas de esta forma. En otras palabras, se espera de él que entienda las relaciones lógicas entre las diferentes leyes e hipótesis que conforman la teoría y que sepa hacer deducciones de ellas que permitan derivar aplicaciones prácticas. Esta capacidad de hipotetizar alcanza su máximo nivel de desarrollo cuando el alumno es capaz de formular apropiadamente hipótesis del tipo: Si... entonces...

En la segunda columna en que se divide la gran columna rectora se incluyen las diferentes acciones que el estudiante debe ejecutar para responder a los tipos de interrogantes planteados en la primera. Es el momento de la observación, la toma de medidas y la manipulación de variables; es también, muy a menudo, el momento en el que lo que se esperaba observar no se observa, dando así origen a un de-se-qui-librio (el subtítulo que se puso entre paréntesis) entre lo que se piensa que es el mundo y lo que realmente es. En este momento el estudiante, o mejor, quien construye conocimiento, actúa sobre el mundo: lo describe (primeros tres subniveles) y hace predicciones acerca de él (desde el cuarto subnivel hasta el último). Para hacerlo, aplica esquemas, ejecuta pequeños experimentos, pone a prueba hipótesis, introduce cambios, toma medidas, organiza datos, inventa instrumentos de observación, hace promedios y otros cálculos, etc., que luego emplea en gráficas a partir de las cuales hace interpolaciones, extrapolaciones y proyecciones. Tal como se muestra en el cuadro, estas acciones del estudiante sobre el mundo son de naturaleza distinta según sea el nivel de la pregunta que se ha planteado y, al igual que las preguntas, la complejidad de las acciones del estudiante va siendo cada vez mayor.

Queremos señalar de nuevo que el hecho de que ésta sea la segunda columna no quiere decir en modo alguno que se incluye aquí un "segundo paso" dentro de una sucesión ordenada de pasos que conducen al conocimiento de algo nuevo. En efecto, la construcción de un conocimiento dado puede tener origen en el intento de describir o de hacer un experimento que intentaba resolver otra pregunta.

La tercera columna de la gran columna rectora que lleva el subtítulo de Reflexión: Análisis y síntesis. Reajustes de la teoría (Reequilibración mejorante), se refiere al momento en que quien construye conocimiento vuelve sobre su propia acción (reflexiona); la descompone en sus pequeños elementos y la reconstruye en su totalidad desde el pensamiento y la crítica en función de los resultados en su tarea de dar cuenta del mundo. Gracias a esta crítica, identifica cuáles son los reajustes que hay que llevar a cabo para que la teoría permita hacer predicciones que se cumplan. En otras palabras, la teoría se reequilibra en forma mejorante: existe de nuevo un equilibrio entre la teoría y los sucesos del mundo físico que con respecto al momento de equilibrio anterior es más evolucionado. Como resultado de este momento se tiene una nueva descripción (primer subnivel), una nueva clasificación de objetos o eventos (segundo y tercer subniveles) o una nueva teoría explicativa (del cuarto subnivel hasta el último).

La tercera gran columna del cuadro se refiere al CONOCIMIENTO CIENTÍFICO BÁSICO derivado de objetos, eventos y procesos del mundo natural. Se divide a su vez en tres columnas en las que se consignan sólo algunos ejemplos de los contenidos del conocimiento científico que el estudiante debe construir (o reconstruir). Por consiguiente, falta la gran mayoría de los contenidos que conformarán todo el currículo básico para el área. Pero lo que es importante y lo que se quiere señalar con este cuadro, es que todos los contenidos se organizarán tal como se han organizado los ejemplos previstos: atendiendo al tipo de relaciones que se dan en los procesos estudiados, a saber, las relaciones biológicas, las relaciones químicas y las relaciones físicas, que dan surgimiento a las tres columnas, y en términos de la complejidad de los procesos de pensamiento y acción que son necesarios para la construcción de los contenidos y que dan sentido a los subniveles en cada columna. Es en este sentido, fundamentalmente, que la segunda columna rige a las demás: todo está referido a las posibilidades cognitivas del alumno y a lo que le ha sido posible conocer gracias a ellas. Si se observa cada una de las casillas de la primera fila de estas columnas, en ellas encontraremos aspectos que se refieren a descripciones. En las columnas en que se divide la columna de Conocimiento de procesos biológicos se dan ejemplos como el de describir el cuerpo humano o una planta. En las columnas de Conocimiento de procesos químicos se ofrecen



ejemplos de descripción: hacer un listado de las propiedades distintivas de ciertos ingredientes de cocina que se encuentran comúnmente en las casas como son la sal, el vinagre, el azúcar, el aceite o el agua y que presentan propiedades químicas interesantes. En Conocimiento de procesos físicos se dan ejemplos de cómo hacer clasificaciones de objetos que funcionan y que no funcionan con energía eléctrica. Si analizamos el cuarto subnivel en todas las columnas observaremos que ahí se consignan ejemplos de predicciones (o hipótesis) acerca de lo que sucedería si una de las especies que hacen parte de una cadena alimentaria desaparece, o si se poluciona un determinado hábitat o si se agota una fuente de energía no renovable.

Estas tres columnas y las columnas en las que ellas se subdividen deben considerarse ante todo como una forma convencional de organizar los contenidos sin esperar que las divisiones correspondan a líneas de diferenciación estrictas que se den en la naturaleza; en efecto, estas líneas no existen: no es posible establecer un límite claro y preciso entre la física y la química o entre la química y la biología. Hay que aceptar entonces la existencia de ciertos “territorios” que pueden ser considerados tanto de una disciplina como de otra. Las disciplinas son formas de organizar el conocimiento que el ser humano tiene acerca del mundo que es uno sólo. En este sentido son pues convenciones que, sin duda, encuentran respaldo en buenas razones, pero que no permiten delimitaciones tajantes. Cada una de estas columnas ha sido dividida a su vez, claro está, en diversas columnas convencionalmente.

De esta manera, el conocimiento referente a “los procesos biológicos” ha sido organizado en torno a los procesos vitales y organización de los seres vivos que se consignan en la primera columna. Si leemos en la casilla que se forma en el cruce de esta primera columna con el cuarto subnivel referente al planteamiento de hipótesis, encontramos un ejemplo de tarea que se acoge a esta doble determinación: formular varias hipótesis acerca de lo que le sucedería a una planta que le faltara o le sobrara agua, luz o calor y contrastar estas hipótesis.

En la segunda columna se incluyen procesos relacionados con la herencia y mecanismos de evolución de los seres vivos. Nótese que las casillas que se forman en el cruce de esta columna con los dos primeros subniveles están vacías. Los dos primeros subniveles se refieren a la descripción de objetos y de sucesos; puesto que la herencia es ante todo un proceso, los primeros contenidos que se incluyen se encuentran en el tercer subnivel que se refiere precisamente a la descripción de procesos. Los niños tendrán que realizar observaciones y clasificaciones referentes a sucesos familiares para el niño como el parecido entre los integrantes de una misma familia, la transmisión de ciertos rasgos en los animales domésticos o hacer pequeños cultivos de granos para ver la transmisión de sus rasgos físicos. De esta manera, nuevamente, se atiende al doble requerimiento que implica el cruce de un subnivel (en el que se describen las competencias cognitivas del sujeto que conoce) y una columna (en la que se incluyen los contenidos cognitivos acordes con estas competencias).

En la tercera columna referente a Conocimiento de procesos biológicos, se incluyen contenidos referentes a las relaciones entre los seres vivos (incluyendo los humanos) y los ecosistemas del mundo. Si leemos la casilla que se forma en el cruce con el octavo subnivel, encontramos lo siguiente: “Entender la capacidad que tiene hoy la especie humana para afectar la biosfera y las ventajas y los peligros que ello conlleva”. Para desarrollar esta capacidad se pueden analizar los modelos matemáticos que se utilizan para predecir el tiempo que durarán las reservas conocidas de petróleo, o para estimar la magnitud de las pérdidas de ozono en la atmósfera, o para estimar la cantidad de agua que es necesario extraer de los embalses para mantener el consumo de energía eléctrica de una familia, etc., y los procedimientos que se utilizan para saber si estos modelos son o no acertados. Estos cálculos, sin lugar a dudas, conllevarán un análisis de tipo ético y una consecuente toma de posición desde esta misma perspectiva lo cual, como veremos, nos proyecta a la cuarta gran columna: CONOCIMIENTO EN EL MUNDO DE LA VIDA.

La última de las columnas referente al Conocimiento de procesos biológicos se encarga de los procesos de intercambio de energía entre los diferentes ecosistemas. En las dos primeras casillas de esta columna se incluye la descripción de sucesos que hacen parte de este tipo de procesos.

La columna dedicada al Conocimiento de procesos químicos se divide en cuatro columnas. En la primera se incluyen los conocimientos referentes a la estructura atómica y las propiedades de la materia y en la siguiente se incluyen las teorías que ofrecen explicaciones sobre las propiedades de la materia. Aquí es importante hacer otro señalamiento acerca de la forma de entender el cuadro que hasta el momento no ha sido explícita. Una misma experiencia hecha en el laboratorio puede responder a los requerimientos de diversas casillas que se pueden encontrar localizadas en diferentes columnas y diferentes subniveles. En las dos columnas que hemos descrito, esto es evidente: las explicaciones acerca de las propiedades de la materia necesariamente tienen que hacer referencia a la estructura de la materia. Otro ejemplo evidente sería el siguiente: cuando hacemos referencia a los procesos de intercambio de energía entre diferentes ecosistemas, estamos también haciendo referencia a las propiedades de la materia (cuando hablamos de cadenas alimentarias, por ejemplo, podemos mostrar cómo ciertos compuestos químicos se descomponen en otros liberando energía o cómo ciertos componentes se integran en compuestos más complejos almacenando energía), que encuentran su explicación en la estructura atómica de ésta.

La tercera columna de los Procesos químicos se consagra a los cambios químicos y la cuarta y última de ellas a la Tierra

y su atmósfera.

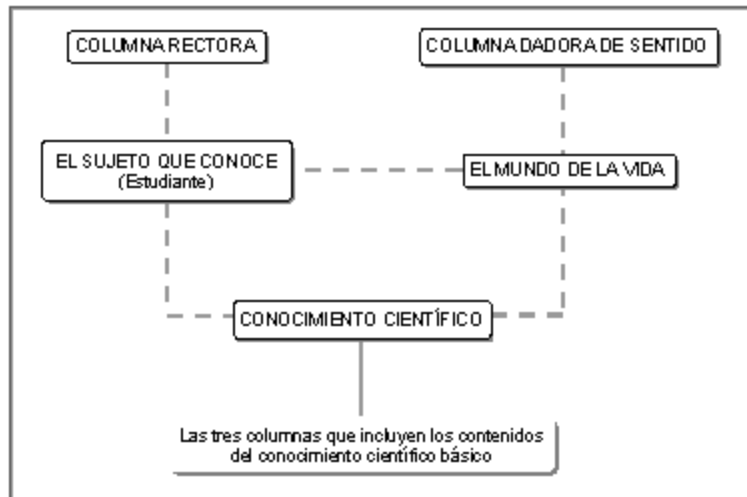
La última columna que se refiere a los contenidos de conocimiento científico básico, se ocupa de los Procesos Físicos. En la primera de las cinco en que se divide esta columna, se incluyen conocimientos referentes a Electricidad y magnetismo. Los ejemplos de contenidos que se ofrecen en esta columna, están escogidos de tal forma que se pueden poner en correspondencia con aquellos que se ofrecen en la primera columna de la cuarta gran columna que lleva por título CONOCIMIENTO EN EL MUNDO DE LA VIDA, y mostrar así las relaciones que existen entre esta última columna mencionada y todas las demás de las que se incluyen los contenidos del conocimiento. Volveremos sobre ella cuando hablemos de la columna Desarrollos tecnológicos.

La segunda columna perteneciente al Conocimiento de procesos físicos se dedica a las fuentes energéticas y la transformación de la energía. Las relaciones de esta columna con la columna de desarrollos tecnológicos y con la de las relaciones entre el ser humano y los ecosistemas, a pesar de que no se provean ejemplos de ellas, son bien evidentes. Ahora bien, las relaciones entre todas las columnas referentes a los contenidos de conocimiento científico básico y al conocimiento en el Mundo de la Vida, son en principio posibles a pesar de que algunas no sean tan evidentes como las que hemos señalado. Repetimos, el mundo es una sola unidad sistémica y las divisiones que proponemos existen solamente en nuestras mentes y tienen simplemente el sentido de una convención para organizar los contenidos curriculares.

La tercera columna se refiere a las Fuerzas y sus efectos sobre los objetos. La cuarta se refiere a la Luz y el sonido y la última a La Tierra en el universo.

La cuarta y última gran columna que ha sido denominada CONOCIMIENTO EN EL MUNDO DE LA VIDA debe entenderse como un horizonte hacia el cual el alumno dirige su actividad constructora de conocimiento y en función del cual organiza su actividad intelectual. Si hemos llamado a la segunda columna “la columna rectora” en el sentido de que todo el proceso de construcción de conocimiento está centrado en el alumno y determinado por sus posibilidades cognitivas, la quinta columna se llamaría “la columna dadora de sentido”. En efecto, el conocimiento es conocimiento del mundo, que se construye socialmente en el mundo y para adaptarse (en el sentido piagetiano) como especie y como individuo a este mismo mundo.

El siguiente diagrama ilustra la forma como se debe leer e interpretar la estructura curricular propuesta:



El diagrama anterior nos muestra el sentido que adopta el movimiento del espiral ascendente. El ser humano desde el momento de su nacimiento debe actuar sobre el mundo para poder conocerlo y así poderse adaptar a él. La acción del sujeto sobre el mundo, representada por la flecha que une la “columna rectora” con la “columna dadora de sentido”, hace que el conocimiento que él tiene acerca del mundo se vea modificado. Este momento se representa por la flecha que une la “columna dadora de sentido” con las tres columnas donde se han ubicado los contenidos de conocimiento científico. El nuevo conocimiento acerca del mundo hace que la acción del sujeto sobre el mundo sea diferente y que, por tanto, ésta produzca nuevos cambios sobre el conocimiento que el sujeto tiene acerca del mundo.

Veamos en detalle un ejemplo de estos ciclos en espiral ascendente. Para hacerlo, tendremos en cuenta toda la columna rectora, la columna sobre Electricidad y magnetismo (ubicada en las columnas que hacen referencia al “conocimiento de procesos físicos”) y la columna sobre Desarrollos tecnológicos (ubicada en aquellas que hacen referencia al

Conocimiento en el Mundo de la Vida). En el segundo subnivel de esta última columna, se sugiere como ejemplo que se construyan cajas o cofres con cierre magnético. Con ello no queremos indicar que se diseñe una actividad que consista en hacer una sesión de trabajos manuales en la que se deben construir los objetos descritos en la casilla. Sencillamente se da un ejemplo de relación entre un objeto del Mundo de la Vida como puede ser una caja con cierre magnético y la capacidad de clasificar objetos en función de que sean o no magnéticos, competencias que suponen un segundo nivel de complejidad. Pero para realizar esta sugerencia se pueden seguir caminos muy diferentes.

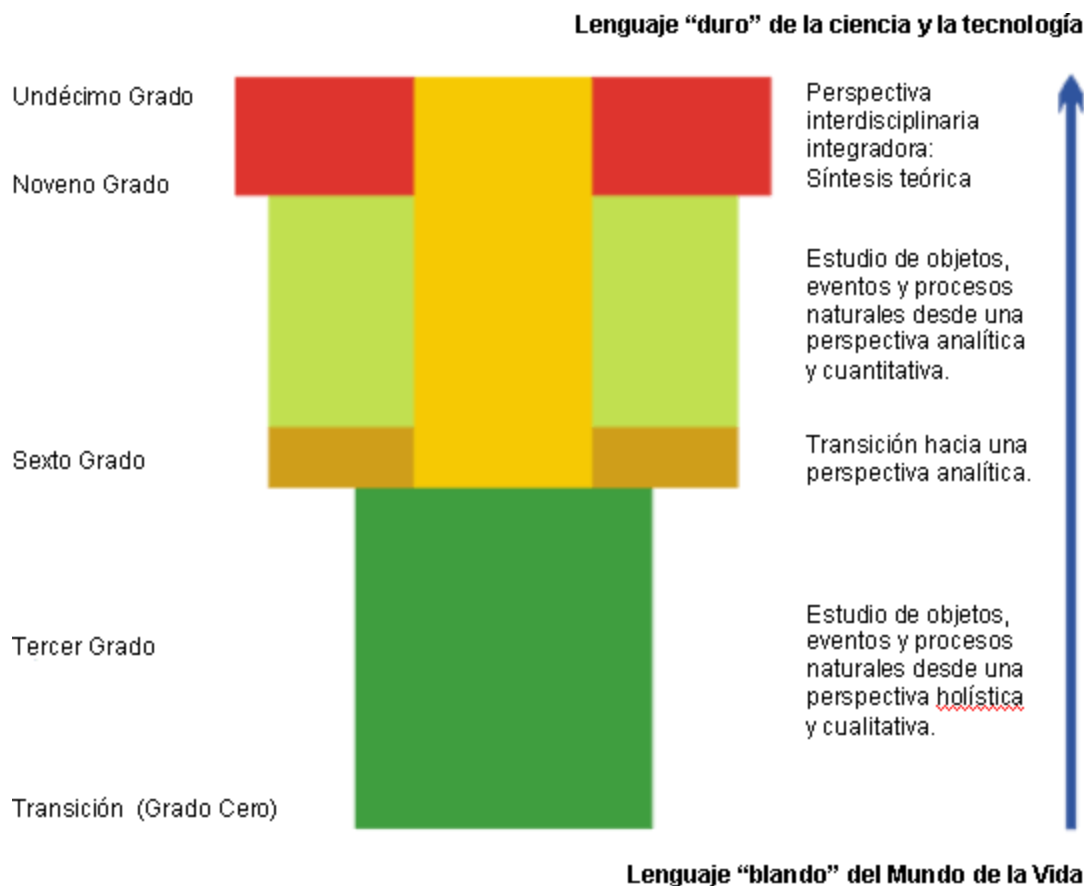
Tomemos un primer ejemplo. En clase algún alumno pregunta “¿Por qué se puede cerrar la puerta de una nevera sin que tenga una cerradura?” Esta pregunta puede surgir en el momento en que estamos desarrollando una actividad como la sugerida en el primer subnivel de la columna sobre Electricidad y magnetismo: un niño ofrece “la nevera” como ejemplo de aparato que funciona con electricidad y otro alumno, cuando se habla de la nevera y cómo ésta usa la electricidad, pregunta acerca del mecanismo que usan estos aparatos para conservar su puerta cerrada (lo anterior sucede con gran frecuencia si se da la libertad de preguntar en clase: los estudiantes hacen preguntas que para el profesor no tienen ninguna relación con lo que se está tratando en clase, pero para el alumno son importantes para hacer “encajar bien” lo que él está entendiendo). Se les puede ofrecer entonces a los niños un conjunto de imanes y propiciar el juego con ellos. La idea de construir un cofre con este mecanismo puede entonces simular el cierre de las neveras. Veamos un segundo ejemplo. En clase de sociales se está viendo la importancia de la brújula en los viajes de exploración que dieron como resultado el “descubrimiento” de América. Se cita durante estas discusiones el conocimiento que tenía Cristóbal Colón sobre las desviaciones que las brújulas presentaban en ciertas regiones del mar causadas por (decimos hoy) campos magnéticos que interfieren con el gran campo magnético que produce el globo terráqueo entre los polos. Se puede entonces sugerir, en clase de ciencias, la exploración de los efectos que un imán tiene sobre el comportamiento de una brújula. De la observación que hacemos del comportamiento de los imanes, puede surgir la idea de utilizar la atracción entre polos diferentes de los imanes para hacer cofrecitos con cierre magnético; pero también puede surgir la idea de utilizar la repulsión entre polos iguales para construir unos payasitos saltarines, o hacer figuras en una caja que contiene polvo metálico poniendo los imanes enfrentados por polos iguales o diferentes. Al hacer todo esto estaremos también construyendo conocimiento científico acerca de los imanes. El estudiante sabrá que existen dos polos diferentes en un imán y podrá describir su comportamiento frente a otro imán y diversos tipos de material.

Tenemos entonces que el estudiante hace descripciones, como se espera en este nivel de complejidad de los procesos de pensamiento y acción, acerca del comportamiento de los imanes, como respuesta a problemas que surgen del Mundo de la Vida; los desarrollos científicos así logrados retornan al Mundo de la Vida, bien para resolver los problemas planteados, bien para realizar nuevos desarrollos tecnológicos. Estos desarrollos, a su vez, le per-mi-tirán al estudiante tener una nueva visión del mundo que le hará plantear nuevos interro-gantes, nuevos problemas y comenzamos un nuevo ciclo del espiral. Este proceso podrá repetirse una y otra vez.

Si bien los niveles de complejidad rigen los contenidos científicos que se estudian en clase, no son de ninguna manera una camisa de fuerza a la que hay que someterse. Como lo hemos ya indicado, es plenamente posible que, dado el nivel que hemos ilustrado con los ejemplos, un estudiante formule preguntas que para responderlas sea necesario no sólo hacer descripciones sino también explicaciones. En este caso el profesor, según su criterio, podrá explorar la posibilidad de desarrollar actividades que tengan como propósito ofrecer las explicaciones requeridas por los estudiantes. Si los estudiantes responden adecuadamente, podemos concluir que el nivel de complejidad de que son capaces es mayor y podemos subir entonces el nivel de los logros.

Si cotejamos casilla por casilla la columna de Electricidad y magnetismo con la de Desarrollos tecnológicos vemos que existe entre las dos una gran congruencia. Esta misma congruencia puede existir entre cualquier otra columna en la que se ubiquen contenidos científicos y la columna de Desarrollos tecnológicos puesto que, como lo hemos indicado, en este cuadro ofrecemos únicamente algunos ejemplos de los muchos posibles. En esencia, el valor que vemos en este cuadro es sencillamente hacer los siguientes señalamientos:

- El currículo debe diseñarse centrando la atención en el estudiante y sus capacidades cognitivas. Por esta razón las columnas que se refieren a los Procesos de pensamiento y acción determinan las demás.
- Se hace una propuesta para organizar los contenidos científicos por temas guardando una relación con los niveles de complejidad de los procesos de pensamiento y acción y con el Mundo de la Vida al cual estos conocimientos se refieren.
- El conocimiento construido por los estudiantes adquiere sentido en su relación con el Mundo de la Vida. El conocimiento se construye como respuesta a los problemas que el ser humano encuentra en su mundo y éste es atendido en forma diferente gracias al conocimiento construido, lo cual da surgimiento a nuevos problemas y nuevos interrogantes.



**Esquema 1.** En este esquema se ilustra una propuesta sobre cómo orientar la enseñanza integrada de las ciencias sin dejar de lado la importancia de la especificidad de las disciplinas científicas. Se parte, en los primeros grados, del lenguaje “blando” del mundo de la vida para llegar, progresivamente, al finalizar el proceso, al lenguaje “duro” de la ciencia y a tecnología.

<sup>19</sup> Ver el artículo 1º de la Ley General de Educación: “La educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes”.

## 1. Una propuesta curricular para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental

### 1.4 Una propuesta de contenidos básicos del área de ciencias naturales y educación ambiental para la educación preescolar

#### 1.4.1 Presentación general

En los primeros apartes de este capítulo se hizo una propuesta sobre cómo estructurar el currículo de ciencias naturales y educación ambiental. Ahora hacemos una sobre los contenidos básicos, con el propósito de que sirvan de referencia para construir autónomamente el currículo a nivel institucional. Se incluyen contenidos desde el grado obligatorio de preescolar (transición o grado cero) hasta el undécimo grado.

ES MUY IMPORTANTE HACER, DESDE YA, VARIAS ANOTACIONES CON EL FIN DE EVITAR INTERPRETACIONES ERRÓNEAS. POR FAVOR NO LAS DEJE DE LEER. NO LEERLAS PUEDE IMPLICAR RETROCEDER EN EL TIEMPO

TREINTA AÑOS Y COMETER LAS MISMAS OMISIONES Y EQUIVOCACIONES QUE EN ESTE DOCUMENTO  
HEMOS SEÑALADO Y CRITICADO:

- Los contenidos aquí propuestos son los básicos, los fundamentales, pero de ninguna manera excluyen la posibilidad de introducir otros, sustituir algunos, dejar de lado aquellos que la institución educativa no considere pertinente desarrollar, según sus propios objetivos educacionales, sus proyectos pedagógicos en especial los PRAES (Proyectos Ambientales Escolares), su PEI, sus posibilidades y sus limitaciones y obviamente según los avances científicos y tecnológicos que permanentemente nos obligan a hacer modificaciones para estar actualizados. Por esta razón sólo se mencionan las grandes ideas sobre los procesos de pensamiento y acción a desarrollar en los alumnos y el conocimiento científico básico, quedando también a discreción del centro docente lo referente al conocimiento en el mundo de la vida, de acuerdo con la estructura curricular y la fundamentación teórica que hemos explicitado en este capítulo.
- El listado de estos contenidos básicos no implica, de ninguna manera, que se esté retornando al viejo modelo en el que se estipula la secuencia de todos los contenidos que deben ser estudiados en forma obligatoria en todos los planteles. Son sencillamente puntos de referencia que nos señalan conocimientos básicos que una institución educativa debe tener en cuenta al elaborar sus programas curriculares, para ser desarrollados en compañía de otros contenidos (a los que nos hemos referido en el numeral anterior) en la forma que el centro docente considere la más apropiada.
- Es importante resaltar que el desarrollo de los contenidos mencionados debe hacerse de forma creativa e innovadora teniendo siempre como objetivo primordial la comprensión del estudiante, tal como hemos venido promulgando en este documento. Uno de los procedimientos que consideramos de mejores posibilidades es el trabajo por proyectos pedagógicos en los cuales, en torno a un problema (ambiental, tecnológico o científico), una necesidad o un interés común a todos los estudiantes, se emprendan una gran cantidad de actividades académicas y educativas plenas de sentido para maestros y alumnos y, ojalá, la comunidad, y en consecuencia motivantes, que permitan reconstruir socialmente aquellos conocimientos que en la cultura se han ido constituyendo en fundamentales para la vida. A este respecto, enfatizamos la conveniencia de considerar la alternativa didáctica que se encuentra en la segunda parte y que muestra una forma de trabajar en torno a problemas. Los problemas tecnológicos o las aplicaciones tecnológicas de los conceptos señalados, los problemas sobre la conservación del medio ambiente (una actitud ética hacia las demás especies animales y las vegetales) o los relativos a llevar una vida en salud, de los cuales se dan ejemplos en la tercera gran columna del cuadro, son excelentes problemas en torno a los cuales se pueden organizar los proyectos pedagógicos que venimos señalando como metodología apropiada para lograr comprensión en los estudiantes. Esta comprensión podemos estar seguros de haberla logrado cuando los estudiantes sean capaces de elaborar los relatos y meta-relatos; los proyectos deben tener entonces como producto final la elaboración de estos relatos unificadores.

Enfatizamos aquí la importancia de que los estudiantes, desde el grado cero, construyan relatos: relatos sobre vidas de animales y plantas, relatos sobre ovnis, relatos sobre películas de sus héroes favoritos, relatos sobre procesos de investigación y evolución de teorías, relatos sobre su propia vida, etc. Los relatos deben primar, ante todo, sobre las descripciones dirigidas hacia la enumeración de propiedades: enunciar el color, después la forma y después el tamaño; estas enumeraciones desligadas no preparan para la descripción científica que se encuentra dirigida hacia las explicaciones, hacia la construcción de teorías y no hacia el señalamiento de propiedades aisladas. En un relato sobre la vida de un animal encontramos ya una intencionalidad y una visión de conjunto muy cercanas a la intencionalidad y la globalidad de las teorías; las enumeraciones de propiedades anatómicas de personas, animales y plantas sin una intencionalidad que las relacione, alejan al estudiante del sentido de la ciencia que busca, como dice Stephen Hawking, “una teoría acerca de todo”.

- El meta-relato es en esencia, un relato dentro de otro relato. En la práctica no es otra cosa que un recurso literario que aprovecha la riqueza del lenguaje, tanto en el aspecto formal como en el de contenido, para explorar, por nuestra cuenta, algunos aspectos de un texto escrito que su autor no trabaja de manera explícita: el significado de un término, los diferentes escenarios de un hecho histórico, los descubrimientos o inventos de un científico, una definición, las diversas aproximaciones que podemos hacer a un acontecimiento, etc. (Quijano, 1997).

En otros casos, el profesor de ciencias debe trabajar en equipo con otros docentes en proyectos pedagógicos más generales en busca de soluciones exitosas a problemas reales y sentidos por la comunidad o en la búsqueda de la satisfacción de necesidades educativas básicas (que es precisamente el papel de la escuela). En este caso estos proyectos pedagógicos se consideran como verdaderos “proyectos vitales”.

- El orden propuesto tampoco es estricto y, de hecho, al trabajar por proyectos tendrá que ser cambiado. Sin embargo estos contenidos básicos son los que se espera que todo estudiante colombiano conozca al terminar su educación básica y media. En consecuencia, ellos son la base para todo programa de evaluación, en el sentido

de que, si la educación es de calidad, todos los estudiantes colombianos habrán desarrollado los conocimientos científicos básicos a los cuales estos contenidos se refieren. Los exámenes podrán entonces evaluar la comprensión de contenidos y el desarrollo de los procesos de pensamiento. Se podrá evaluar además la capacidad de vincular estos conocimientos y procesos con el mundo de la vida a través de la tecnología y de la construcción de una ética ambiental. Ellos permitirán además, y esto es sumamente importante, sentar las bases de la identidad nacional del estudiante colombiano.

- No sobra señalar los peligros que un listado como éste representa. Puede ser interpretado como “el programa de estudios obligatorio” y puede darse el caso de maestros que desarrollan sus programas de ciencias exponiendo (desde la lógica adulta que hemos combatido en este documento) cada uno de estos temas “uno tras de otro” sin ninguna ilusión, sometiendo a los alumnos a aprender definiciones de estos conceptos que serán presentados como “La Verdad”. De esta forma, se continuaría con la triste tradición de cometer estos errores pedagógicos que hacen que la institución educativa sea un sitio donde los estudiantes memorizan “cosas sin sentido”. Esta forma de interpretar la lista de contenidos fundamentales puede ser también adoptada por algunas editoriales que escribirían sus textos en forma similar: cada una de las palabras que se mencionan en la lista de contenidos se trataría en algún capítulo y después se diría que “el texto se acoge al programa oficial del Ministerio”. Es necesario estar alerta para no cometer este tipo de errores que acabarían con cualquier avance hacia una educación que tenga como uno de sus fines la salvaguardia del sentido en la escuela y la comprensión en los estudiantes.
- En pocas palabras, este listado de contenidos fundamentales no es sino eso: un listado de conocimientos científicos básicos que todo estudiante colombiano debe poseer al finalizar la educación básica y media en torno a los cuales se desarrollarán los procesos de pensamiento y acción y sobre los cuales él puede ser evaluado. Es responsabilidad de las instituciones educativas, de los maestros, de las editoriales, encontrar formas creativas, bien sustentadas pedagógicamente, para desarrollar programas educativos que formen personas integrales, y en lo que respecta al presente documento, con una formación científica sólida que sea, dentro del contexto personal de cada quien, un elemento valioso en su realización personal.

En el esquema 1 de este apartado se ilustra el enfoque que proponemos para el tratamiento de los contenidos básicos necesarios.

La idea que fundamenta esta propuesta es la siguiente: se debe guardar en los contenidos de los programas de estudio aquel equilibrio, hoy tan necesario en la ciencia y, en general, en nuestra cultura, entre el saber global, holístico, y el saber especializado. En efecto, por un lado, es necesario ofrecer una visión integrada del mundo natural que corresponda a su propia integralidad: el mundo es una totalidad y así hay que verlo. Por el otro, es necesario que los estudiantes se beneficien del conocimiento especializado de la ciencia actual.

La especialización del conocimiento es el producto de un muy largo proceso histórico que tiene como resultado las diversas disciplinas: la física, la química y la biología, para mencionar sólo algunas. Ellas se fueron diferenciando de la filosofía, y fueron determinando sus propios objetos de estudio, sin que esto quiera decir que aún guardan una importantísima relación: las preguntas “duras” en cada una de estas disciplinas siguen siendo preguntas filosóficas y cualquier científico que las quiera tomar en serio debe adoptar una actitud filosófica y estar, al menos, familiarizado con el oficio de filosofar.

Dentro de estos campos los problemas estudiados son cada vez más específicos, especializados. Pero también en la misma medida en que las disciplinas del saber evolucionan y se especializan, se construyen teorías más generales y holísticas que ponen en evidencia los estrechos vínculos que existen entre las disciplinas y hacen más sentida la necesidad de ser capaces de adoptar un enfoque filosófico.

En la propuesta ilustrada por el esquema 1, se intenta reproducir de alguna manera este proceso histórico. En un primer período se enseñan las ciencias sin que se distingan las disciplinas (física, química, biología) desde las cuales hoy se explican los procesos naturales. Es como volver al momento en que una misma persona (piénsese en Aristóteles o Platón) hablaban con propiedad de todas estas disciplinas sin distinguirlas como tales. Se parte entonces de problemas generales y globales que tocan el conocimiento de las diversas áreas del conocimiento, y que pueden ser tratados mediante la metodología por proyectos pedagógicos que ya hemos señalado como una de las más idóneas en estos casos. Este período se extiende desde el grado de transición (grado cero) del preescolar hasta el quinto grado. En un segundo período, que es de transición, se inicia el proceso de especialización del conocimiento en el que se distinguen y explican las disciplinas desde las cuales se estudian los procesos. Este período se inicia en sexto grado y debe haber terminado ya en el séptimo. En el tercer período (séptimo, octavo y noveno) el conocimiento disciplinar es claramente diferenciado: se habla de física, química y biología. Sin embargo se debe seguir haciendo énfasis en la integración de estos saberes en torno a proyectos, nuevamente lo señalamos, que enfrenten problemas tecnológicos y del medio ambiente. En el último período, que se inicia en décimo grado, se hace énfasis en la diferenciación disciplinar; incluso, como es costumbre, las asignaturas o disciplinas del área podrán ser asumidas por profesores diferentes. Sin embargo,

la integración tendrá especial importancia y se enfocará desde la perspectiva teórica: la ciencia integrada desde las leyes y los conceptos fundamentales, desde las ideas fuertes: energía, materia, ecosistema, evolución, equilibrio, vida, inteligencia, cultura, tecnología. Este período, como es obvio, termina en el grado undécimo.

## 1.4.2 Contenidos curriculares por grupos de grados

Los contenidos científicos básicos que aquí se proponen deben ser tratados en estrecha relación con los niveles de complejidad de la primera columna del cuadro incluido al final del documento, en el que se resume la propuesta de estructura curricular.

### PREESCOLAR, PRIMERO, SEGUNDO Y TERCER GRADOS

#### A. Procesos de pensamiento y acción

Para este primer grupo de grados se puede plantear como objetivo lograr los tres o cuatro primeros subniveles de complejidad en los "Procesos de pensamiento y acción". En otras palabras, sobre los contenidos que aquí se sugieren, se pueden hacer preguntas que se refieran a la descripción de objetos y de sucesos, a la comparación entre objetos y entre sucesos, e invitar a los estudiantes a hacer predicciones sobre ellos. Los niños seguramente aventurarán explicaciones desde sus preteorías. El maestro será cuidadoso en aceptarlas como una parte esencial del diálogo haciendo especial énfasis en señalar las equivocaciones típicas esta edad como son las de confundir la explicación con la descripción y hacer explicaciones circulares. El énfasis se hará, sin embargo, en las descripciones y las comparaciones como requisito lógico para las explicaciones.

Los contenidos científicos básicos que se proponen se organizan en los tres tipos de procesos que se señalan en el cuadro, sin que esto quiera decir que es necesario hacerlo explícito para los estudiantes. En otras palabras, los contenidos se refieren a los procesos físicos, químicos y biológicos sin que ello quiera decir que debemos esperar que los estudiantes utilicen estas palabras o hagan distinciones entre estos tipos de procesos. Por otro lado es importante tener siempre muy claro que la clasificación de los procesos naturales en estas tres categorías es algo que se hace desde las teorías acerca del mundo y que las divisiones no están en el mundo mismo. Es entonces natural que en una misma actividad estemos tocando temas que se refieren a más de un tipo de procesos. Tomemos un ejemplo. Supongamos que estamos haciendo una actividad a la que le hemos puesto como título "Juguemos con el agua". En esta actividad podemos estar haciendo pasar agua entre dos vasos comunicantes o podemos estar viendo cuáles objetos, de un grupo determinado de ellos, flotan y cuáles no. Éstas son preguntas típicas acerca de los procesos físicos. Pero dentro del contexto de estas actividades los estudiantes que participan pueden preguntar por qué los "peces pueden respirar en el agua" o "si a los peces del mar les da sed"; estas preguntas, obviamente hacen referencia a problemas que tienen que ver con los procesos biológicos. Por otro lado, al profesor que está dirigiendo las actividades se le puede ocurrir disolver sal en el agua y volver a hacer la prueba de si ciertos objetos flotan o no. Puesto que estamos disolviendo una sustancia y formando algunos iones, estamos involucrando en las actividades un proceso fisicoquímico. Esto, como es natural pensar, no debe impedirnos realizar este tipo de actividad ni nos exige establecer o poner en evidencia estas distinciones.

Las actividades en estos grados están dirigidas a la descripción de objetos y sucesos teniendo como fundamento los primeros cuatro subniveles de complejidad en los procesos de pensamiento y acción y como horizonte la función de estos conocimientos desde el punto de vista tecnológico, de la conservación y el mejoramiento del medio ambiente y del mantenimiento de la salud, tal como se sugiere en el cuadro y se explica en el capítulo anterior.

Los contenidos científicos básicos que se sugieren están organizados de acuerdo con aquellos procesos que se privilegiaron en la estructura general del área. En torno a ellos se sugiere que los profesores de ciencias, teniendo en cuenta el Proyecto Educativo Institucional –PEI–, su currículo y los proyectos pedagógicos de la institución, diseñen un plan de estudios para estos cursos y diversas actividades para desarrollarlos. En estas actividades, repetimos, el objetivo es enfatizar en el desarrollo de los procesos de pensamiento y acción señalados en la primera gran columna del cuadro (columna rectora), que fundamentan la posibilidad de hacer explicaciones científicas.

#### B. Conocimiento científico básico

##### \* Conocimiento de procesos físicos

**Electricidad y magnetismo:** Los imanes. Los bombillos. Las planchas. Las estufas eléctricas. Los motores eléctricos. Los peligros de las corrientes eléctricas para la vida y la salud.

Fuentes energéticas y transformación de energía: La gasolina y el movimiento de los carros. Los alimentos y el

movimiento de las personas y los animales. La corriente eléctrica y los aparatos de la casa. El cocinero, la gasolina, el gas, el carbón o la leña y las estufas. El ahorro de energía eléctrica y de combustibles. Los peligros de incendios, quemaduras y explosiones.

**Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos:** Las cosas que flotan en el agua y en el aire y las que no. Los globos inflados con hidrógeno o helio. El columpio, las ruedas y los balancines. Levantar y empujar objetos. El peso corporal y de otros objetos.

**Luz y sonido:** Las cosas transparentes, translúcidas y opacas. Los espejos. Las lentes. La luz y el calor. La energía solar. Los colores. Los colores y la absorción de calor.

**La tierra en el universo:** Relaciones entre Tierra, Sol y Luna, y el día y la noche. Las estrellas y los planetas. Los vientos.

### \* Conocimiento de procesos químicos

**Estructura atómica y propiedades de la materia:** El hielo, el agua fría, el agua caliente y el vapor de agua.

**Explicaciones acerca de las propiedades de la materia:** Algunas cosas que se disuelven en el agua y otras que no. Cristales que se forman después de la evaporación. Precipitados. Diferencias del agua con otros líquidos: el vinagre, el alcohol, la leche. La conducción de la electricidad a través de buenos y malos conductores.

**Cambios químicos:** El oxígeno y la combustión. Algunas frutas “se ponen negras” con el aire. Los metales se oxidan con el aire y el agua. Cambios de algunas características de ciertas sustancias por la acción de la luz.

**La tierra y su atmósfera:** El aire contiene oxígeno y otros gases. Las nubes y la lluvia.

### \* Conocimiento de procesos biológicos

**Procesos vitales y organización de los seres vivos:** Lo que comen las personas y los animales. Lo que absorben las plantas. Los ambientes donde viven las personas, los animales y las plantas.

**Herencia y mecanismos de evolución de los seres vivos:** Los animales que duermen de noche y los que duermen de día. Los animales que vuelan, los que nadan, los que caminan y los que reptan.

**Relación de los seres humanos con los demás elementos de los ecosistemas del planeta:** El agua y la vida de los animales y las plantas y su relación con la vida del hombre. El agua de los ríos, las quebradas, las cañadas, las ciénagas y los animales que viven en ellos o cerca de ellos y su relación con las industrias y la agricultura. El agua del mar y los animales que viven en él o cerca de él. Los árboles, el musgo y la lluvia y los problemas que encontramos cuando la acción del hombre altera las relaciones entre ellos. La lluvia y los animales. Las selvas húmedas. La luz del sol y las zonas térmicas en la tierra y sus formas de vida y sus relaciones con los factores contaminantes.

**Intercambio de energía entre los ecosistemas:** La luz del sol y los seres vivos. La respiración en las personas, los animales y las plantas.

## CUARTO, QUINTO Y SEXTO GRADOS

### A. Procesos de pensamiento y acción

En este grupo de grados se debe llegar mínimo hasta el sexto subnivel de complejidad en los “Procesos de pensamiento y acción”. En otras palabras, los estudiantes deben ser capaces de construir teorías<sup>4</sup> acerca de los procesos físicos, químicos y biológicos. Las leyes que hacen parte de estas teorías deben ser expresadas cualitativamente. Las predicciones y el control que gracias a las teorías se puede ejercer sobre los procesos serán, en consecuencia, también cualitativos. Debe hacerse especial énfasis en la crítica de las teorías en función de la predicción y el control que permiten.

### B. Conocimiento científico básico

#### \* Conocimiento de procesos físicos



**Electricidad y magnetismo:** Circuitos simples con y sin interruptores. Las pilas y baterías. Circuitos con baterías. Cargas electrostáticas; los rayos y los pararrayos. Los electroimanes. La brújula.

**Fuentes energéticas y transformación de energía:** Las transformaciones de energía que se dan al montar en bicicleta, al usar las palancas y los sistemas de poleas.

**Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos:** Los vasos comunicantes. La prensa de Pascal. Las prensas neumáticas. Las llantas de los carros. Cómo vuelan los aviones.

**Luz y sonido:** La propagación de la luz. La transmisión del sonido a través del aire, del agua y de objetos sólidos. El eco.

**La tierra en el universo:** El sol, los planetas, los satélites y los cometas. El sol y otras estrellas. Las galaxias. Los cúmulos de galaxias. Los viajes espaciales. El hombre en la luna. Las comunicaciones vía satélite. Los cohetes y las naves espaciales.

**\* Conocimiento de procesos químicos**

**Estructura atómica y propiedades de la materia:** Mezclas. Separación de mezclas. Cambios en las propiedades de los componentes de las mezclas.

**Explicaciones acerca de las propiedades de la materia:** Explicaciones de los diversos estados de la materia por su estructura atómica.

**Cambios químicos:** Combustión de sólidos y de gases. Calor, temperatura y cambios de estado de la materia.

**La tierra y su atmósfera:** El barómetro y la presión atmosférica. La presión atmosférica según la altura. La presión bajo el agua.

**\* Conocimientos de procesos biológicos**

**Procesos vitales y organización de los seres vivos:** Identificación de algunos sistemas (órganos y aparatos) de los seres vivos y la función que ellos cumplen: las partes de una planta; los sistemas digestivo, respiratorio, reproductor, etc., en personas y animales.

**Herencia y mecanismos de evolución de los seres vivos:** Los ciclos de vida de personas, animales y plantas. La reproducción y la herencia. Relaciones entre diversas especies animales, vegetales y organismos inferiores: cadenas y redes alimentarias. Relaciones de la especie humana con las demás especies vivas y con los seres no vivos. La contaminación y las amenazas contra la vida en el planeta tierra.

**Relación de los seres humanos con los demás elementos de los ecosistemas del planeta:** Las personas, los animales y las plantas que viven en las selvas húmedas. Los animales y las plantas que viven en el mar. Las personas, los animales y las plantas que viven en el desierto. Las personas, los animales y las plantas que viven en las sabanas. Las características biológicas y psicológicas de personas y animales y sus relaciones con el entorno.

**Intercambio de energía entre los ecosistemas:** Ciclos de la materia, niveles de organización de los seres vivos y circulación y transformación de la energía.

**SÉPTIMO, OCTAVO Y NOVENO GRADOS**

**A. Procesos de pensamiento y acción**

En este grupo de grados debe alcanzarse como mínimo el octavo subnivel de complejidad en los "Procesos de pensamiento y acción". El estudiante en estos cursos debe desarrollar la capacidad de construir nuevas teorías o de expresar algunas que ya conocía, utilizando modelos cuantitativos sencillos. El concepto de medida empieza a tomar importancia en la contrastación de las teorías y se va introduciendo progresivamente el lenguaje propio de la ciencia y la tecnología.

**B. Conocimiento científico básico**

**\* Conocimiento de procesos físicos**

**Electricidad y magnetismo:** Inducción eléctrica. La corriente eléctrica. Los motores eléctricos. Circuitos electromecánicos. Los micrófonos y los parlantes. Las cintas magnéticas y las grabadoras, las videograbadoras y los disquetes para computadores. Las cargas electrostáticas. Conceptos de corriente, voltaje y resistencia.

**Fuentes energéticas y transformación de energía:** Las diversas fuentes de energía utilizadas por el hombre tradicionalmente: las hidro-eléctricas, las termoeléctricas, los combustibles fósiles... Fuentes de energía no convencionales: energía eólica, energía solar. Las fuentes de energía y la conservación de la vida en el planeta. Las fuentes de energía para animales y plantas. El sol como fuente de vida en la tierra. El calor como una forma de energía. Formas de transferencia de calor: la convección, la conducción y la radiación. Diferencia y relación entre calor y temperatura.

**Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos:** Masa, volumen y densidad. El principio de Arquímedes: los barcos, los submarinos, los globos. Movimiento de los cuerpos en la tierra: los trenes, los aviones, los automóviles, las cosas que caen; conceptos de rapidez, velocidad, aceleración, fuerza y relaciones cuantitativas entre ellos. El concepto de trabajo físico y su relación con el de energía.

**Luz y sonido:** Las celdas fotoeléctricas. Los prismas y la descomposición de la luz. Las lentes: relaciones entre objetos e imágenes. Las ondas sonoras y medios de transmisión. La velocidad del sonido. El efecto Doppler. Propiedades físicas del sonido: volumen, tono y timbre.

**La Tierra en el universo:** La teoría del Big Bang y otras teorías alternativas. La evolución de la materia y de las especies. Los métodos de exploración del universo. El sol y el sistema solar; relaciones entre el sol y los planetas (distancias, masas, gravitación...). Otras estrellas. Clasificación de las estrellas. Los agujeros negros.

**\* Conocimiento de procesos químicos**

**Estructura atómica y propiedades de la materia:** Clasificación de la materia según sus propiedades: ácidos y bases; el concepto cualitativo de pH. Los metales y los no metales; sus propiedades y sus diferencias.

**Explicaciones acerca de las propiedades de la materia:** Modelos atómicos que explicarían las reacciones químicas observadas.

**Cambios químicos:** Algunas reacciones químicas sencillas y sin peligro: hierro y oxígeno, azufre y hierro, el ácido clorhídrico y la cal...

**La Tierra y su atmósfera:** La contaminación del agua, el aire y el suelo por desechos químicos.

La capa de ozono y los rayos ultravioleta. El exceso de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. La temperatura y la atmósfera. El centro de la tierra y su relación con algunos fenómenos naturales como las erupciones volcánicas y los movimientos sísmicos. El clima como procesos físico-químicos y su influencia en la vida. Los vientos y las corrientes marinas como procesos físico-químicos y su influencia en la vida. Los campos magnéticos producidos por la Tierra. La composición de los suelos. El pH de los suelos y su influencia en la agricultura.

**\* Conocimiento de procesos biológicos**

**Procesos vitales y organización de los seres vivos:** Diversos niveles de organización de los seres vivos y la célula como el mínimo sistema vivo. Los procesos vitales: respiración, excreción, crecimiento, nutrición, reproducción, fotosíntesis. Los procesos de intercambio de materia y energía de un sistema con su entorno: homeóstasis y metabolismo. El sistema nervioso y el sistema endocrino como sistemas integradores del organismo. El conocimiento de los sistemas y su fisiología al servicio de la salud.

**Herencia y mecanismos de evolución de los seres vivos:** Evolución de la vida en el planeta Tierra. Biodiversidad. Código e información genética (genes y cromosomas); reproducción y división celular. Los factores genéticos, los factores adquiridos en un organismo y la interacción entre ellos. El concepto de selección natural. La información genética y la síntesis de proteínas.

**Relación de los seres humanos con los demás elementos de los ecosistemas del planeta:** Relación entre depredadores y depredados. La especie humana como depredadora y los peligros que ella representa para la vida en el

planeta. La especie humana como “red neuronal” que puede orientar la dinámica del planeta tierra como ser vivo hacia una calidad de vida mejor.

**Intercambio de energía entre los ecosistemas:** El concepto de equilibrio ecológico. El papel de cada especie en el mantenimiento del equilibrio ecológico, en particular el de los microbios y bacterias. El flujo de energía en el intercambio que se da entre los diversos sistemas de un ecosistema. El principio de economía de energía en el intercambio entre los sistemas de un ecosistema.

## DÉCIMO Y UNDÉCIMO GRADOS

### A. Procesos de pensamiento y acción

En este grupo de grados se debe alcanzar el último nivel en los procesos de “pensamiento y acción”. El privilegio de la actitud teórica debe entonces ser de particular importancia en estos grados. Los temas que en estos cursos se exponen deben ser tratados desde las grandes teorías y fundamentarse en las leyes más generales. Las teorías tales como la del Big Bang, la teoría atómica, la teoría cinética o la teoría de la evolución y las leyes tales como la de la conservación de la energía o la de la transmisión genética deben servir de marco y fundamento de la integración, de la síntesis teórica. Los temas tratados en cursos anteriores podrán ser retomados e integrados a los nuevos desde esta misma perspectiva teórica integradora, utilizando la terminología especializada del lenguaje “duro” de la ciencia y la tecnología.

### B. Conocimiento científico básico

#### \* Conocimiento de procesos físicos

**Electricidad y magnetismo:** El concepto de campo eléctrico y el de campo magnético. Relaciones cuantitativas entre carga, corriente, voltaje y resistencia. Inducción electromagnética. Campos electromagnéticos creados por corrientes. La producción de energía eléctrica como una forma de transformación de energía.

**Fuentes energéticas y transformación de energía:** Las máquinas como transformadores de energía. El principio de la conservación de la energía como gran principio integrador de las leyes físicas. La conservación de la energía y el origen y futuro del universo.

**Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos:** Relaciones cuantitativas entre masa, fuerza, aceleración, velocidad, tiempo y distancias recorridas (leyes de Newton), interpretadas desde el principio de la conservación de la energía y sus diversas formas de transformación.

**Luz y sonido:** Concepto de espectro electromagnético y propiedades físicas de sus diferentes segmentos. La luz como fenómeno ondulatorio y cinético corpuscular. Los procesos de reflexión, difracción y refracción. El efecto fotoeléctrico y los fotones.

**La tierra en el universo:** Modelos cuantitativos acerca de la gravitación universal. El efecto Doppler como prueba de la expansión del universo. La expansión del universo y las teorías sobre su origen. La evolución de la energía en materia, de la materia en vida y el surgimiento de seres inteligentes: la delicada trama de la vida en el planeta.

#### \* Conocimiento de procesos químicos

**Estructura atómica y propiedades de la materia:** La tabla periódica de los elementos: un modelo científico. La tabla y los modelos atómicos. La tabla, los modelos atómicos y la predicción de resultados en las reacciones químicas. Nomenclatura química. Oxidación-reducción. Moléculas biológicamente importantes: carbohidratos, proteínas, lípidos, DNA.

**Explicaciones acerca de las propiedades de la materia:** Notación química y propiedades químicas de la materia. La notación química, los modelos atómicos, las reacciones químicas y las ecuaciones químicas. Sustancias psicoactivas (alcaloides, neurolépticos...).

**Cambios químicos:** Óxido-reducción. Predicciones cualitativas y cuantitativas de las reacciones químicas desde los modelos atómicos y la notación. Las reacciones químicas como respaldo empírico de los modelos atómicos.

**La tierra y su atmósfera:** La formación de rocas como procesos físico-químicos. Influencia del pH en la agricultura (mediciones cuantitativas). La evolución de la atmósfera como proceso físico-químico y biológico. La evolución del

planeta y el intercambio de energía entre el planeta con su atmósfera y con el espacio exterior.

---

## **Tercera Parte: Un Ejemplo de Aplicación de los Lineamientos**

### **2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental**

El presente capítulo tiene como objeto presentar una propuesta sobre cuáles deben ser los logros e indicadores de logros curriculares que deben guiar la evaluación en el área de ciencias naturales y educación ambiental para los siguientes grupos de grados: a) de primero a tercer grado; b) de cuarto a sexto grado; c) de séptimo a noveno grado; d) de décimo a undécimo grado.

---

### **2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental**

#### **2.1 Conceptos fundamentales**

Con el fin de contribuir con la construcción de un lenguaje unificado, que facilite la comunicación sobre el problema de los logros e indicadores de logros, proponemos las siguientes reflexiones de aquellos conceptos clave para la construcción de los logros e indicadores de logros curriculares válidos a nivel nacional para el área de ciencias naturales y educación ambiental.

##### **2.1.1 Fines**

Se desprenden fundamentalmente de la concepción que se tenga de la persona, de la vida y de la educación en un momento determinado. Cada estado, conforme a sus valores, establece fines propios para su educación, generalmente con “miras a contribuir al nacimiento de un mundo mejor, mediante la formación integral de las personas”. Sintetizan la tendencia filosófica e ideológica que orienta un sistema, institución o proceso, con “miras a construir un proyecto futuro de nación”. En este sentido, los fines se constituyen en el horizonte del sistema educativo de un país y tienen como función servir de marco orientador de tal sistema.

Tienen como características el ser universales y abstractos. Son universales por cuanto se aplican a todos los elementos del sistema y son abstractos por cuanto se refieren a concepciones teóricas muy generales. Al contrario de lo que puede pensarse, el fin no tiene final, sino que siempre se trabaja en pos de él.

El primero y último fin de la educación es la formación y el desarrollo integral y armónico de las personas, las comunidades y las sociedades. La educación es la vida y la vida es la educación, dice el informe Faure “Aprender a ser” (Faure, 1974). Si la vida es educación, significa que la persona reflexiona y si la educación es vida, significa que la persona proyecta y actúa. Esto es pensamiento y acción. Es tomar el timón de la propia vida e intervenir en la historia para dirigirla.

Pero para timonear el futuro se requiere, desde luego, manejarse a sí mismo, ser dueño de sí; esto es, conocerse para determinar cuál es el aporte personal y de cada uno al proyecto de nación y a la acción. Todo esto es ser persona, o mejor dicho, “estar siendo persona”, porque es una tarea de todos los días. Es la tarea de la vida. Es educarse. De esta manera se anudan los tres conceptos: persona, vida, educación. La vida sin educación permanente no pasa de ser vida vegetativa. A la inversa, la educación sin vida sería algo así como teoría sin aplicación, pensamiento sin acción, o, como “fe sin obras”. Vida es acción; educación es reflexión sobre la acción. Persona es quien actúa y reflexiona y con esta reflexión renueva el acto y cada acto conduce a una nueva reflexión. Ser libre, pensante, actuante, dueño de sí mismo y conductor del futuro es ser persona. La dinámica del conjunto podría expresarse en una espiral sin fin donde tendríamos: fin de la educación, la persona; fin de la persona, la vida; fin de la vida, la educación, la persona... y así, indefinidamente.

Los fines de la educación colombiana están establecidos en el artículo 5º de la Ley General de Educación o Ley 115 de 1994 (MEN, 1995).

## 2.1.2 Objetivos

Podemos entender por objetivo la descripción de un estado de cosas futuro (no actual) y deseable que debe orientar nuestras acciones presentes hacia su realización. Son declaraciones de intención cuyo enunciado nos permite inferir lo que se desea obtener o lograr a través de la acción educativa.

Tienen como características el que se pueden formular desde un nivel general hasta un nivel específico, operacional. Los objetivos que establece la Ley General de Educación tienen como referentes los fines de la educación y por tanto, son coherentes con ellos. Conservan un alto nivel de generalidad y se establecen por niveles y ciclos educativos así:

- Objetivos comunes de todos los niveles (artículo 13).
- Objetivos específicos de la educación preescolar (artículo 16).
- Objetivos generales de la educación básica (artículo 20).
- Objetivos específicos de la educación básica en el ciclo de primaria (artículo 21).
- Objetivos específicos de la educación básica en el ciclo de secundaria (artículo 22)
- Objetivos específicos de la educación media académica (artículo 30).
- Objetivos específicos de la educación media técnica (artículo 33).
- Objetivos específicos de la educación de adultos (artículo 51).

En la Ley General de Educación los objetivos educativos se refieren a propiedades humanas abstractas y de carácter genérico como son la inteligencia, la creatividad, los valores éticos y morales, la libertad, la conciencia de soberanía nacional, la capacidad de reflexión, de crítica y de análisis. Estas propiedades son construcciones mentales, intelectuales y psíquicas que no pueden ser observadas y que si se quieren estudiar nos debemos remitir a sus manifestaciones en las acciones humanas.

Veamos, con un ejemplo, este carácter de estado de cosas imaginario, no actual, que tienen los objetivos; cuando decimos que un objetivo general de la educación básica es “Desarrollar las habilidades comunicativas para leer, comprender, escribir, escuchar, hablar y expresarse correctamente”, nos estamos refiriendo a propiedades mentales que actualmente no están totalmente desarrolladas en los estudiantes de educación básica (a pesar de que ya se ha iniciado el proceso que los llevará al estado descrito en la formulación del objetivo) pero que es deseable (y asumimos que es posible) que las desarrollen totalmente. Por otro lado, estamos diciendo implícitamente, que planearemos y haremos todo aquello que creemos que va a contribuir con este proceso de desarrollo, según la concepción que de él tengamos.

Señalemos que en la Ley General de Educación, Ley 115 de 1994, los objetivos educativos se plantean en términos abstractos y teóricos que hacen referencia a rasgos inobservables en forma directa. En el fondo de todo esto, como es natural pensar, están las nuevas formas de concebir el aprendizaje y la enseñanza que hoy tienen vigencia.

En el artículo 1º de la Ley en mención, titulado “Objeto de la Ley” dice: “La educación es un proceso de formación permanente, personal y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes.” En los fundamentos de la educación está pues una concepción integral de la persona humana. Tal integralidad no se refiere a una propiedad observable en las personas sino a una teoría acerca del deber ser de las personas. He aquí un primer ejemplo de término teórico que fundamenta la nueva visión de la educación y, en consecuencia, el concepto de objetivo.

Citemos ejemplos de objetivos consagrados en la ley en concordancia con el primer fin de la educación que es “El pleno desarrollo de la personalidad...”. En el artículo 13 se dice que “Es objetivo primordial de todos y cada uno de los niveles educativos el desarrollo integral de los educandos...”; entre los objetivos específicos de la educación preescolar se encuentran los siguientes: “El crecimiento armónico y equilibrado del niño...” “El desarrollo de la creatividad...”, etc.

Como lo hemos resaltado, “el desarrollo pleno de la personalidad”, “el desarrollo

integral de los educandos”, “el crecimiento ar-mó-ni-co y equilibrado del niño”, no son comportamientos observables, pero cualquier persona sabe, en forma más o menos clara, a lo que se refiere cada fin o cada objetivo en términos abstractos, o en el peor de los casos, tiene al menos una noción de lo que es el “desarrollo de la creatividad” o el “crecimiento armónico y equilibrado de los niños”, para retomar estos dos ejemplos. Ahora bien, en el momento de la evaluación del sistema educativo no basta poseer estas nociones acerca de los objetivos que se plantean; es necesario tener conceptos claros, bien definidos, para poder responder a una de las preguntas centrales de la evaluación: ¿Cómo sabemos si hemos alcanzado los objetivos que nos plantea la Ley General de Educación?

En el momento de la evaluación, para poder tener argumentos empíricos que apoyen la hipótesis de que un cierto objetivo abstracto se ha alcanzado, es necesario, nuevamente con la ayuda de la teoría, postular unos indicadores de logros. Más adelante propondremos una conceptualización de indicador de logro, pero antes ofreceremos una concepción de logro, que es un concepto estrechamente relacionado con el primero.

### 2.1.3 Logros

A nivel del planeamiento curricular, puede considerarse que los logros son descripciones que hacen referencia al estado de desarrollo de un proceso en un momento determinado. Se traducen en beneficio, ganancia, provecho, rendimiento, resultados positivos... respecto al desarrollo integral humano y se expresan generalmente aludiendo a:

- **Conocimientos** (conceptos, principios, leyes, teorías, visiones filosóficas...).
- **Competencias** (capacidades, aptitudes, saber conocer, saber hacer, saber ser...).
- **Actitudes y valores** (éticos, estéticos, cívicos, culturales, volitivos, afectivos..., intereses, motivaciones...).
- **Comportamientos y desempeños** (actuaciones, procederes...).

Puesto que los logros se obtienen mediante procesos, es necesario anticiparnos con una breve conceptualización sobre ellos dentro del contexto de los logros. Más adelante retomaremos con más detenimiento el concepto de proceso relacionado con el de sistema. Por ahora, podemos decir que un proceso es una serie de pasos, secuencias, transformaciones e interacciones que se dan durante la búsqueda de un horizonte (determinado por un fin o un objetivo de la Ley General de Educación).

Los procesos no siempre son lineales como la trayectoria de un rayo de luz, sino que es posible que un proceso se parezca más al vuelo de una mariposa con idas y venidas, vueltas y revueltas, aciertos y desaciertos, éxitos y fracasos, avances y retrocesos, intentos y rein-tentos para progresar. Otras veces, puede seguir un camino ramificado, en red, escalonado, etc., pero siempre seguirá una trayectoria principal. A lo largo de este camino se van obteniendo ciertos logros parciales cuyo perfeccionamiento de las competencias implicadas, debe conducir a logros superiores y éstos posiblemente a grandes logros educativos.

Así por ejemplo, pueden considerarse como logros parciales en su debido momento, el manejo de ecuaciones, fórmulas, analogías, modelos, construcciones, categorías y metáforas, los cuales pueden conducir a logros superiores como el desarrollo de la capacidad para reinterpretar y luego reorganizar diversos caos de información que giran en torno a nosotros.

Si el transcurso del proceso se orienta a profundizar, afinar e integrar estas competencias, se puede llegar a otro logro de orden superior como imaginar nuevos problemas, descubrir nuevas soluciones, estrategias y alternativas. El esfuerzo por resolver los problemas complejos genera nuevos conocimientos y puntos de vista aplicables a otros problemas aún más complejos, y así sucesivamente, mientras el aprendizaje se consolida, lo cual conduce a un gran logro educativo: ser críticos, curiosos y creativos.

Los logros por tanto se pueden obtener:

- a lo largo de un proceso, estadios;
- al final del proceso previsto;
- más allá de los procesos previstos, con lo cual el proceso se prolonga automática-mente hasta este estadio.

Los grandes logros implican la capacidad de relacionar, aplicar, extrapolar, transferir... conocimientos, competencias, valores, actitudes, etc., a situaciones nuevas, de manera que denotan mucho más que comportamientos y desempeños aislados.

#### 2.1.4 Indicadores de logros

Como hemos señalado, las propiedades esenciales a las que se refieren los grandes logros educativos son abstractas y en consecuencia no son entidades observables. En otras palabras, nadie puede ver, oír, tocar o sentir el conocimiento, la comprensión o el espíritu participativo. Lo que sí se puede dar es que uno vea u oiga a una persona que se comporta o se desempeña en forma tal que uno puede pensar que ella conoce sobre algo, comprende algo o participa en algo. Como hemos dicho, podemos observar las manifestaciones del conocimiento, de la comprensión, o del espíritu participativo.

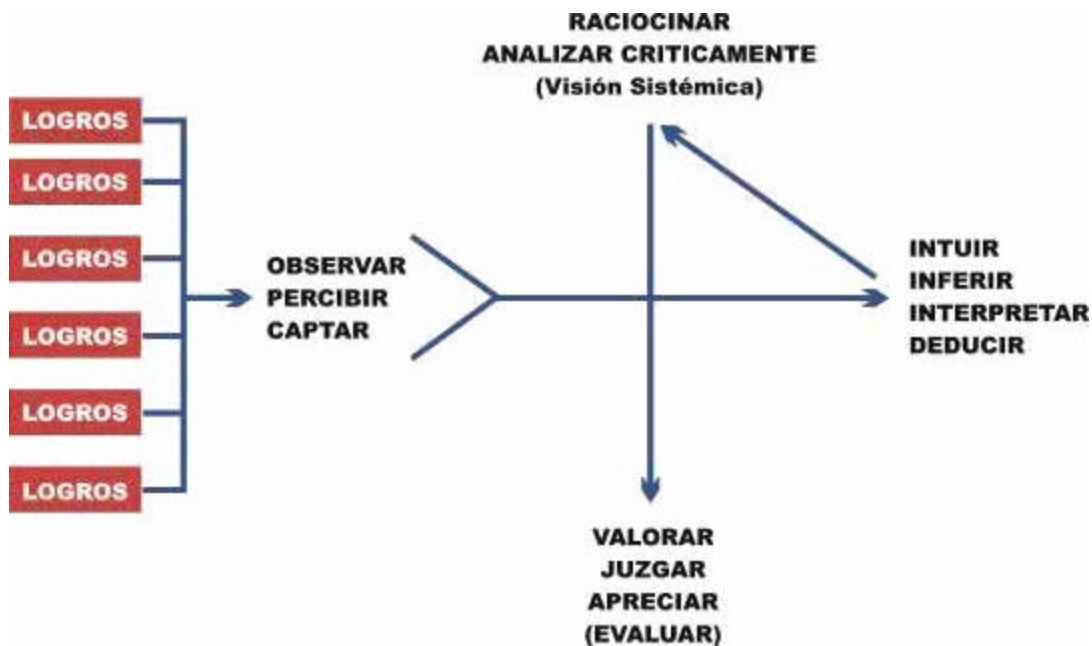
Así pues, los indicadores de logros, fundamentalmente son signos, esto es, indicios, señales, huellas, rasgos, datos, síntomas, manifestaciones o evidencias que nos permiten intuir, inferir, interpretar o deducir si un cierto logro se ha alcanzado o no, gracias a que a la luz de una cierta teoría pedagógica (o mejor psicopedagógica) y del contexto cultural, podemos hacer un análisis crítico, con visión sistémica, que nos permita hacer juicios, apreciaciones, valoraciones..., es decir, evaluar el estado de desarrollo del proceso en que se encuentra el alumno.

Se considera que todo signo está constituido por un significante (forma) y un significado (contenido). Por tanto, el leer o interpretar los signos pedagógicamente (vale decir, leer o interpretar los indicadores de logros) equivale a decir que el educador debe llegar a conocer el significado de las diferentes formas de expresión (significantes) con las que se manifiesta el desarrollo integral humano. Sintetizando, saber leer o interpretar signos, es saber llegar a conocer significados por la interpretación del significante, para lo cual es necesario recurrir a nuestras concepciones o teorías pedagógicas y psicológicas (Gutiérrez, 1978).

El siguiente diagrama nos ayuda a comprender mejor los procesos y las relaciones entre logros, indicadores de logros y evaluación:

Así por ejemplo, si nos planteamos como logro la comprensión, por parte del estudiante, de la teoría de la evolución, ciertamente, "la comprensión de la teoría" no es observable; pero sí son observables, captables y perceptibles una buena cantidad de manifestaciones en el estudiante como argumentaciones, manejo de leyes y conceptos, conexiones y relaciones que hace entre ellos, etc., que, de acuerdo con la forma como concebimos el proceso de comprender esta teoría, nos indican que el estudiante comprende.

Ejemplo de estos indicios (signos) son los siguientes: hacer conjeturas razonables acerca de la relación entre una especie depredadora y otra depredada por la primera; saber definir correctamente conceptos tales como "población", "reproducción", "selección natural", "mutación"...; establecer relaciones entre los conceptos clave de la teoría; argumentar en favor (o en contra) de la teoría con buenas razones; señalar ejemplos de observaciones o experimentos que respaldan (o que no respaldan la teoría); poder imaginar y describir estados de cosas posibles suponiendo que ciertas condiciones especiales se cumplen. Todas estas formas de manifestarse (y seguramente hay otras muchas) nos indican una misma cosa: que el estudiante ha comprendido la teoría de la evolución. En este sentido, todos esos indicios, datos y evidencias hacen parte de una misma categoría: la de "indicador de que el logro planteado sobre la comprensión de la teoría de la evolución, se ha logrado".



### 2.1.5 Procesos

El concepto de proceso se tomará en el presente documento como un concepto fundamental. En consecuencia, explicaremos en forma detallada lo que este concepto significa.

Podríamos comenzar nuestra labor de darle significado orientador a la palabra proceso diciendo que todo lo que nos rodea puede ser concebido como un proceso. Señalemos algunos ejemplos. Supongamos que observamos a través de la ventana un cerezo joven; sin duda podemos concebirlo como el momento de un proceso al cual le podríamos fijar un comienzo<sup>21</sup>. en el momento en que una cereza madura cae de otro cerezo al suelo; podemos entonces imaginar que la fruta se descompone, la pepa se seca con el sol, queda localizada en un medio propicio y cuando llega una lluvia empieza a germinar; posteriormente, el árbol crece hasta el tamaño que observamos. Sabemos además que el árbol crecerá todavía más y florecerá en un momento dado; algunas de sus flores serán fecundadas y se convertirán en cerezas las cuales, a su vez, podrán convertirse en otros arbolitos. Sabemos también que llegará un momento en que ese árbol que observamos morirá. Este proceso que comienza con el nacimiento de un nuevo arbolito y termina con su muerte, suele llamarse el ciclo vital (en este caso el ciclo vital del cerezo).

Supongamos ahora que un niño entra y nos pregunta: “¿Qué haces?” Le contestamos que pensamos en el ciclo vital del cerezo. Él pregunta sobre lo que esto significa y nosotros le explicamos. Se da entonces un proceso de comunicación en el que, a través del diálogo, nosotros enseñamos y el niño aprende. En él se dan diversos momentos. Algunos de ellos pueden ser los siguientes: el niño pregunta, nosotros describimos y explicamos; el niño vuelve a preguntar y nosotros aclaramos; el niño extrae conclusiones, deduce implicaciones y nosotros nos manifestamos de acuerdo o en desacuerdo.

Pero al niño mismo podemos concebirlo como el momento de un proceso que, en forma muy similar al árbol, tuvo su comienzo con el nacimiento y tendrá su final con la muerte. Este proceso que se repite con cada niño, es estudiado desde diversas perspectivas; la psicología evolutiva es una de ellas. Pero cualquier persona tiene un buen conocimiento acerca de él. Todos sabemos que el recién nacido se comporta de una cierta manera y tiene unas determinadas propiedades biofísicas (el tamaño y la forma del cuerpo; el metabolismo de su organismo). Sabemos que estas propiedades y sus patrones de comportamiento van cambiando a lo largo del tiempo: a los ocho meses<sup>22</sup>. el niño gatea; a los doce sus músculos se han fortalecido y es capaz de mantenerse de pie y caminar, aunque sea con gran inseguridad; a los dos años dice sus primeras palabras. Alrededor de los siete años es capaz de pensar en una forma que se parece ya bastante a la de un adulto. Antes se decía que el niño tenía ya “uso de razón”; hoy algunos psicólogos dicen que el niño ha entrado al período de las operaciones concretas. A los quince años el niño presenta grandes cambios; es incluso difícil llamarlo “niño”; se utiliza entonces la palabra “adolescente” para indicar, entre otras cosas, que ya no se trata de un niño pero tampoco de un adulto. Entre los dieciocho y veinte años el adolescente que antes era un niño, se llamará un adulto, pues sus características biofísicas y sus patrones de comportamiento han ido pareciéndose cada vez más a los que son típicos de la edad adulta que es el período más prolongado del ciclo vital humano. Estos momentos que hemos señalado son algunos de los que a menudo se privilegian y se denominan etapas del proceso porque tienen la virtud de hacer un buen resumen del proceso total; estos resúmenes permiten comprender el proceso



porque sólo presentan aquellos momentos en los que los cambios son evidentes; si se recorre todo el proceso, los cambios son tan paulatinos que es muy difícil ser consciente de cómo fue que ellos se dieron. Si hablamos del neonato, el niño, el adolescente, el adulto y el viejo, privilegiaremos cinco momentos, cinco etapas, del ciclo vital del ser humano que nos dan una idea general de cómo es el proceso llamado "ciclo vital del ser humano".

De los tres ejemplos ofrecidos podemos extraer algunas conclusiones. La primera es que los procesos son dinámicos; en otras palabras, en los procesos hay cambios. Los cambios son necesarios en los procesos: no puede hablarse de proceso si no hay cambios.

Pero al decir lo anterior podría pensarse que estamos incurriendo en una contradicción. En efecto, habíamos dicho que todo lo que nos rodea es un proceso; ahora decimos que ahí donde no hay cambios no hay procesos. Alguien podría decir que muchos de los objetos a nuestro alrededor no cambian y en consecuencia no son procesos. Podríamos responder en muy pocas palabras para disolver esta aparente contradicción diciendo que los objetos son procesos sumamente lentos en relación con nuestra muy corta vida. Pero si viviéramos algunos millones de años nos daríamos cuenta de que la mesa, aparentemente inmutable, al cabo de unos cientos de años, a lo más unos pocos miles de años, se fue transformando poco a poco hasta quedar convertida en polvo. Incluso algunos objetos que parecerían perennes como puede ser un fósil, son procesos cuyos lentísimos cambios, no detectables a simple vista, nos permiten establecer su edad. Si fueran realmente inmutables sería imposible conocer su edad.

Otro elemento que es posible abstraer de estos ejemplos es que los procesos son complejos. Se trata de diversos cambios que guardan ciertas relaciones entre ellos. Al mismo tiempo que el niño empieza a caminar se establecen ciertas conexiones neuronales en su cerebro, por ejemplo. En la adolescencia, al mismo tiempo que hay crecimiento drástico y un cambio radical en su forma de pensar, hay también cambios hormonales bruscos.

Un tercer elemento que es común a los tres ejemplos es que los procesos tienen un cierto orden. Los cerezos primero florecen y después dan frutos; en un episodio comunicativo, primero viene la pregunta y después la respuesta; los seres humanos primero pasan por su etapa de adolescentes y después por la de adultos.

### 2.1.6 Procesos y sistemas

Con los ejemplos que hemos ofrecido y su análisis, hemos explicado ya algo del significado de proceso. Señalemos ahora que si fijamos nuestra atención en diversas partes del árbol o, lo que es igual, hacemos diversos recortes del proceso total, podemos poner en evidencia varios subprocesos. En efecto, cada hoja, cada rama, puede ser comprendida, a su vez, como un proceso.

Si hacemos el esfuerzo mental de congelar el tiempo, de tomar una foto mental de una hoja o de una rama en un instante determinado, nos podemos dar cuenta de que obtenemos un buen número de propiedades relacionadas entre sí. Pensemos en algunas propiedades de una hoja: su color, su área, su forma, su espesor, su peso, etc. Según el interés que tengamos podemos seleccionar algunas de ellas y sus relaciones; estas propiedades, idealizadas como elementos y las relaciones que existen entre ellos conforman lo que llamamos un sistema. En este caso sería el subsistema hoja. Haciendo otro tipo de recortes podemos hablar del subsistema rama, del subsistema tronco o del subsistema raíces. Todos los subsistemas relacionados entre sí conforman el sistema árbol.

Centremos nuestra atención ahora en las relaciones. Algunos ejemplos de ellas son los siguientes: El grosor de una sección de una rama es tanto mayor cuanto más cerca del tronco ella se encuentre; el grosor del tronco es mayor en la base que en la punta; el color de las hojas de la copa es más claro y su tamaño menor que el del resto del árbol. Es evidente que aquello que nos hace decir que se trata de un cerezo joven es ese conjunto de propiedades relacionadas entre sí.

El conjunto de valores de estas propiedades que observamos en la foto (el color y el tamaño de las hojas en las diferentes partes del árbol; el grosor, la forma y la longitud de las ramas, etc.) constituyen el estado en que se encontraba el sistema cuando se tomó la foto y describen un momento del proceso.

Podríamos, entonces, ampliar el concepto de proceso diciendo que un proceso es el conjunto de cambios ordenados de los estados de un sistema. Evidentemente, con esta frase no estamos definiendo el concepto proceso, puesto que hemos introducido el concepto de sistema aludiendo precisamente a él. Es solamente una forma sucinta de volver a decir lo ya dicho.

### 2.1.7 Estructura

Pensemos ahora que no solamente tenemos la foto de un cerezo sino que además tenemos las de un durazno, un pino y

un sietecueros. Los elementos de cada uno de estos sistemas son bien diferentes: los troncos, las hojas, las flores son tan diferentes, que a simple vista las diferencias son claramente determinables. Sin embargo, las relaciones que existen entre estos elementos son las mismas; en efecto, lo mismo que dijimos de las relaciones entre el tronco, las ramas y las hojas del cerezo, se puede decir de las relaciones entre el tronco, las ramas y las hojas del durazno, el pino o el sietecueros. Entre estas relaciones también existen relaciones: la relación entre el grosor del tronco y su localización en el árbol está relacionada con la relación entre el grosor del tronco en una sección dada y el grosor de las ramas que salen de él a esa altura.

Dijimos que un conjunto de elementos relacionados entre sí conforman un sistema de elementos. Ahora podríamos decir que las relaciones relacionadas entre sí conforman un sistema de relaciones; a este sistema de relaciones lo llamamos estructura. Podemos decir ahora que a los cuatro sistemas que tomamos como ejemplos, los llamamos árboles precisamente porque tienen la misma estructura: todos estos sistemas tienen una estructura de árbol.

Veamos algo más en detalle el concepto de relación. Un ejemplo muy utilizado por el profesor Federici para explicar qué es una relación es el siguiente: sabemos que existe una relación amorosa entre Romeo y Julieta cuando observamos que la presencia de Julieta afecta a Romeo de una cierta manera y que la de Romeo afecta a Julieta en forma similar. Lo propio podemos decir de las relaciones filiales de Julieta con sus padres y de las de Romeo con los suyos. Ahora bien, como muchos saben, las relaciones filiales de Romeo y de Julieta afectan, a su vez, sus relaciones amorosas. Es pues evidente que entre las relaciones existen también relaciones. Si tomamos a las familias de Romeo y Julieta como un sistema (y podemos hacerlo pues tenemos la libertad de definir el sistema de la forma más apropiada para estudiar lo que queremos estudiar, en este caso, la historia de amor entre Romeo y Julieta), vemos que en el interior de este sistema existe una red de relaciones entre las relaciones. Existe pues un sistema de relaciones. Y como hemos dicho, a este sistema de relaciones, considerado independientemente de la naturaleza de los componentes o elementos que le sirven de apoyo, lo podemos denominar estructura.

Es común encontrar que las relaciones amorosas entre una pareja y sus familias se parecen mucho a las relaciones entre Romeo, Julieta y sus familias. No faltará quien señale esta similitud o que al hablar de la pareja en cuestión haga alguna comparación con Romeo y Julieta. Puesto que hemos llamado estructura al sistema o red de relaciones, cuando dos sistemas tienen el mismo sistema de relaciones, así los elementos, componentes o subsistemas sean diferentes, decimos que los dos sistemas tienen la misma estructura.

---

<sup>21</sup> Tenemos libertad de fijar el comienzo del proceso antes (cuando la flor es fecundada, por ejemplo) o después (cuando la semilla germina, por ejemplo). Todo depende de lo que queremos explicar.

<sup>22</sup> Todas las edades que se señalan son, obviamente, promedios aproximados.

---

## 2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental

### 2.2 Los logros como estados intermedios o finales de un proceso

Si analizamos cuidadosamente los ejemplos de objetivos educativos que hemos citado y que han sido consagrados en la Ley General de Educación, nos daremos cuenta de que son aspiraciones que requieren de un proceso educativo, que en esencia es un proceso de comunicación, que tiene como fin la promoción humana de nuevas generaciones. En otras palabras los logros implican, como ya lo dijimos, los cambios ordenados que se dan en los diversos sistemas que podemos configurar, recortar, con el fin de entender los procesos (el estudiante puede ser uno de esos sistemas, o el curso –entendido como los estudiantes y las relaciones entre ellos– puede ser otro; todo depende, como lo hemos señalado, de lo que pretendemos explicar o entender).

Para caracterizar de manera clara y enfática el cambio paradigmático en educación, podemos decir que los objetivos educativos de la Ley implican logros en la promoción humana dentro de un contexto cultural. Por otro lado, y en estrecha relación con lo anterior, la educación debe entenderse como un proceso de formación y este proceso, hoy se concibe como un proceso de comunicación.

---

## **2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental**

### **2.4 Relaciones entre fines, objetivos y logros**

#### **2.4.1 Los fines de la educación que atañen en forma directa al área de ciencias naturales y educación ambiental**

Los fines de la educación colombiana, como expresión de la filosofía educativa del país, orientan hacia una formación integral de la persona humana. En otras palabras, si se trabaja en pos de esos ideales, tendremos un ciudadano que corresponderá con el ideal de ser humano que socialmente hemos construido y expresado en la ley. Desde esta perspectiva los maestros de todas las áreas deben comprometerse con la orientación dada por estos fines. Hay fines de la educación que involucran en forma más directa unas áreas que otras.

Los fines de la educación que atañen en forma directa al área de ciencias naturales y educación ambiental son los identificados con los números 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12 y 13. Ello no quiere decir que, como lo hemos dicho, los profesores del área no se sientan comprometidos con los demás fines ni que profesores de otras áreas no se sientan también comprometidos con los fines que hemos señalado.

El trabajo de formación de los educandos en pos de estos fines implica el desarrollo de largos procesos educativos que implican cambios complejos que se dan en el tiempo.

---

## **2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental**

### **2.5 Los fines de la educación, los objetivos generales y específicos de la educación preescolar, básica y media, y los objetivos del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental, relacionados a través de procesos formativos fundamentales**

Tanto los fines como los objetivos generales y específicos de la educación preescolar, básica y media, los objetivos del área se pueden articular en torno a tres procesos formativos fundamentales: La formación científica básica, la formación para el trabajo y la formación ética, que tienen como finalidad propender por el desarrollo del pensamiento científico en los educandos, para que más tarde puedan tomar decisiones acertadas y se puedan desempeñar como buenos ciudadanos.

El proceso de formación científica básica está relacionado con una visión de la naturaleza de la ciencia como un sistema abierto en permanente construcción, que intenta dar cuenta de los objetos y eventos del mundo natural.

El proceso de formación para el trabajo se traduce en un desempeño personal y social de saber ser, saber actuar, saber decidir y saber hacer frente a su propio proyecto de realización personal dentro de un mundo en constante cambio.

El proceso de formación ética se sustenta principalmente en unas nuevas relaciones entre los seres humanos y entre estos, la naturaleza, la ciencia y la tecnología, relaciones que deben estar fundamentadas en la búsqueda de la armonía y el bien universal.

#### **2.5.1 Formación científica básica**

En torno a este proceso se pueden relacionar los siguientes fines, objetivos generales y específicos:

a. **Fines:** Fin quinto: La adquisición y generación de los conocimientos científicos y técnicos más avanzados... mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber. Fin séptimo: El acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y el fomento a la investigación. Fin noveno: El desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalezca el avance científico y tecnológico nacional orientado con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de vida. Fin decimotercero: La promoción en la persona de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país (CF. artículo 5º, Ley 115).

b. **Objetivos educativos en preescolar:** el desarrollo de la creatividad (Ley 115, Art. 16,

Lit. c) Educación básica: Acceso de manera crítica y creativa al conocimiento científico y tecnológico (Art. 20, Lit. a) Desarrollo del razonamiento lógico y analítico para la interpretación y solución de los problemas de la ciencia y la tecnología (Art. 20, Lit. c) Fomentar el interés y el desarrollo de actitudes hacia la práctica investigativa (Art. 20, Lit. e) Desarrollo del deseo de saber y de iniciativa personal frente al conocimiento (Art. 21, Lit. b) La comprensión básica del medio físico (Art. 21, Lit. f) La asimilación de conceptos científicos (Art. 21, Lit. g).

c. **Objetivos del área:** Desarrollar un conocimiento científico básico en el que se privilegie el razonamiento lógico, la argumentación escrita y oral, la experimentación, el uso de la información científica y la apropiación del lenguaje duro de la ciencia y la tecnología.

Para adquirir y generar conocimientos científicos y técnicos más avanzados es necesario desarrollar el pensamiento científico. Ello implica desarrollar la capacidad de investigar: desarrollar la curiosidad científica y deseo de conocer, construir conocimientos intensivos sobre temas y problemas científicos, desarrollar la capacidad de plantearse preguntas, criticar, reflexionar, saber ubicar, relacionar, analizar y sintetizar información. El desarrollo de un pensamiento de esta naturaleza permite el acceso a la ciencia, la tecnología y la investigación. Al mismo tiempo se está promocionando en la persona la capacidad de crear, investigar en ciencia y adoptar tecnología.

### 2.5.2 Formación para el trabajo

En torno a este proceso se pueden relacionar los siguientes fines, objetivos generales y específicos de la educación y del área:

a. **Fines:** Fin undécimo: La formación en la práctica del trabajo. Fin duodécimo: La formación para la promoción y la preservación de la salud.

b. **Objetivos educativos:** Educación básica: La adquisición de habilidades para desempeñarse con autonomía en la sociedad (Art. 21, Lit. ñ). **Educación media:** La incorporación de la investigación al proceso cognoscitivo teniendo en cuenta la realidad nacional (Art. 30, Lit. c).

c. **Objetivos del área:** El desarrollo integral del alumno para la comprensión y búsqueda de soluciones a problemas locales, regionales y nacionales.

La comprensión de la ciencia y su relación con la tecnología faculta a los estudiantes para enfrentar el mundo del trabajo en una forma bastante competitiva: Actualmente un trabajador ante todo debe tener la capacidad de entender procesos y de ser creativo. Para ello el estudiante debe ser capaz, en los casos en que es posible, de interpretar las situaciones problemáticas en términos de problemas científicos o tecnológicos y encontrar para ellos posibles soluciones, ponerlas a prueba y evaluar estos intentos.

### 2.5.3 Formación ética

En torno a este proceso se pueden relacionar los siguientes fines, objetivos generales y específicos:

a. **Fines:** Fin segundo: La formación en el respeto a la vida, a los demás derechos humanos... Fin décimo: La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales.

b. **Objetivos educativos:** Educación básica: Consolidar los valores propios de la nacionalidad colombiana tales como la solidaridad, la tolerancia, la democracia, la justicia, la convivencia social, la cooperación y la ayuda mutua (Art. 20, Lit. d).

c. **Objetivos del área:** Analizar y asumir una posición crítica frente a las interacciones que se dan entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza, y sus implicaciones en cuanto a los valores éticos.

Estos dos fines (2º y 10º) están relacionados por una idea que hace parte de los conocimientos científicos que el estudiante debe adquirir durante su permanencia en su educación formal: El concepto de vida y las condiciones que son necesarias para su preservación. Por otro lado, están relacionadas con aquellos fines de la educación que se relacionan con los valores éticos: Uno de los valores éticos fundamentales es precisamente el de que la vida tiene prevalencia sobre cualquier otra consideración.

## 2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental

### 2.6 Grandes logros educativos en ciencias naturales y educación ambiental

Hemos articulado los fines y objetivos en torno a tres procesos formativos fundamentales: la formación científica básica, la formación para el trabajo y la formación ética. Estos procesos educativos deben entenderse como las rutas o caminos a seguir en búsqueda de un horizonte (el desarrollo del pensamiento científico). En esta búsqueda se van obteniendo unos logros (conocimientos, saberes, competencias, valores, actitudes, intereses, motivaciones, comportamientos, desempeños...) los cuales deben ser explicitados como lo socialmente deseable. En nuestro caso, explicitamos los grandes logros educativos, los cuales se desglosan por niveles según los bloques de grado:

#### 2.6.1 En el proceso de formación científica básica

Deben alcanzarse los dos grandes logros que vamos a enunciar (por comodidad) de la siguiente manera:

1. **Construcción y manejo de conocimientos:** Sabremos que el estudiante habrá alcanzado la construcción y el manejo de conocimientos que socialmente se espera de él o ella, cuando es capaz de describir y/o explicar los fenómenos relacionados con los temas fundamentales que la institución educativa haya señalado como deseable dentro de su currículo institucional en el área. Para las descripciones y las explicaciones el estudiante debe utilizar conceptos claros y argumentaciones lógicas en el contexto de una teoría científica holística (cf. quinta etapa, tercer período del proceso de formación del pensamiento científico). Los argumentos están sustentados en la comprensión científica de los mismos y no en su simple memorización.

2. **Capacidad investigativa:** Sabremos que el estudiante ha desarrollado su capacidad investigativa cuando es capaz de plantear preguntas y transformarlas en problemas científicos; y además, de asombrarse y obviamente de aventurar e imaginar respuestas mediante hipótesis sustentadas, diseñar y montar experimentos, realizar control experimental, confirmar sus teorías, falsearlas, construir otras nuevas o modificar las que ya posee y confrontarlas con las teorías científicas actuales. Implica también el expresarse coherentemente en un buen castellano haciendo uso de herramientas comunicativas de orden científico.

#### 2.6.2 En el proceso de formación para el trabajo

Se deben alcanzar los dos grandes logros que hemos llamado:

1. **Curiosidad científica y deseo de saber:** Sabremos que el estudiante ha desarrollado su curiosidad científica y deseo de saber cuando expresa de diversas maneras sus deseos de abordar sistemáticamente los problemas o situaciones problemáticas de la vida cotidiana recurriendo a diversos métodos (observación informal, experimentación, registro sistemático de datos) y fuentes de conocimiento científico (la experiencia directa, los libros y revistas, películas y videos, consultas con amigos y profesores, consultas a través de Internet, visitas a museos o centros especializados...) y demuestra el gran placer que le produce conocer nuevos fenómenos y nuevas explicaciones, nuevas teorías...

2. **Planteamiento y tratamiento de problemas prácticos:** Sabremos que el estudiante es capaz de plantear y tratar problemas prácticos cuando ante diversas situaciones problemáticas de la vida, es capaz de entenderlas en términos de un problema tecnológico y lo plantea en términos claros y comprensibles, pone en juego su pensamiento creativo, el gusto estético y las destrezas psicomotrices para proponer diversas alternativas mediante razonamientos que impliquen innovación, descubrimiento, esfuerzo mental, aplicaciones prácticas y, en fin, todo aquello que le permita una mejor aproximación al problema, sin que ello implique necesariamente una solución definitiva.

#### 2.6.3 En el proceso de formación ética

Se debe alcanzar el gran logro que hemos denominado:

**Conciencia ética:** Sabremos que un estudiante ha alcanzado una conciencia ética cuando es capaz de realizar un trabajo de reflexión intencionada sobre la calidad y validez de las normas, valores, actitudes, métodos, procedimientos y

acciones en general suyas o de su grupo social, tomando en cuenta sus consecuencias e impactos sobre la naturaleza y los demás seres humanos. Se trata pues de desarrollar fundamentalmente el pensamiento crítico-reflexivo y gracias a él poder orientarse en el diario vivir frente a los impactos sociales de la ciencia y la tecnología y en general frente a las relaciones hombre - sociedad - naturaleza - ciencia - tecnología, con el fin de alcanzar la armonía y el bien universales.

Estos grandes logros educativos, como es natural pensar, están estrechamente relacionados entre sí; o para ser más precisos, hacen parte de una unidad que, desde nuestro interés pedagógico, y para poder comprender mejor, dividimos (analizamos) en los tres procesos fundamentales que hemos mencionado. Estos procesos se ven mejor descritos por las diversas etapas que los logros señalan. En otras palabras, si hacemos un recuento ordenado de los logros en cada uno de estos procesos, los estamos describiendo en forma resumida.

---

## **2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental**

### **2.3 El proceso educativo como un proceso de comunicación humana dentro de un contexto cultural**

Los sistemas de interacción humana y los productos de ella, se fueron constituyendo en lo que hoy denominamos cultura. La cultura se fue enriqueciendo gracias también al lenguaje que permite que las generaciones nuevas se apropien de los desarrollos, de los productos culturales, gracias a la transmisión oral y, mucho más tarde en el tiempo, gracias a la tradición escrita. Ejemplos de productos de las primeras etapas de la historia cultural son las prácticas de cacería, la fabricación de utensilios y armas, el cultivo de la tierra, etc.

Legar a las nuevas generaciones los productos culturales se convierte también en un sistema de prácticas culturales. Por medio de ellas, las sociedades pretenden lograr que sus nuevas generaciones sean competentes para la supervivencia y la convivencia. Utilizando la expresión propuesta por Vasco (1990), éstas serían prácticas de formación. Cuando el acervo cultural es de una cierta magnitud, es necesario que éstas se institucionalicen.

Este proceso de formación que se da dentro de un contexto cultural está mediado por el lenguaje por cuanto éste es instrumento de significación y cumple un papel determinante en la “constitución de lo humano, vale decir en la cultura”, como lo expresa el documento de “Lineamientos generales de procesos curriculares” del Ministerio de Educación (1994):

Al hablar de la constitución de lo humano, se hace referencia a la independencia de la actividad humana frente a los mandatos genéticos de sobrevivir y reproducirse a los cuales permanecen atados los animales. El profesor Luis Ángel Baena suele ilustrar esto con el siguiente ejemplo: el gato, desde que existe como especie, siempre eriza el pelo y muestra los dientes para amenazar, mientras que el hombre, mediante un acto de significación, realiza la amenaza. Este acto de significación puede ser ejecutado mediante formas diversas de expresión (una frase o gesto), esto es, mediante diversos significantes, de tal manera que la amenaza significada tiene consecuencias más profundas.

La constitución de lo humano se da fundamentalmente gracias al lenguaje, pues ambos están indisolublemente unidos como las dos caras de una misma moneda.

Así pues, lo humano sólo es posible en el ámbito de la cultura y no puede darse sin el lenguaje. La importancia que toma esta concepción para nuestras reflexiones radica en la particular relación que tienen estos planteamientos en el campo de la educación. La educación, en cualquiera de sus formas, incluyendo obviamente la escolarizada, es un acto de comunicación que está mediado por el lenguaje. En este sentido pertenece al ámbito de lo cultural, y es en el marco de la cultura en el que podemos comprender mejor el mundo de lo educativo; desde allí podemos afirmar que cualquier intento de instrumentalización es, no sólo restrictivo sino, en el fondo, inútil, pues toda relación humana está determinada por la subjetividad de los actos. Es por esto que asumimos la nueva misión de la institución escolar con la autonomía que le confiere el pertenecer al mundo de lo cultural.

Desde la psicología también hay teorías que hacen aportes para entender cómo el medio cultural y el tiempo histórico que viva una generación inciden en el nivel de desarrollo que logre. Así por ejemplo Vygotsky (1989) afirma el origen cultural, histórico, social de la psiquis humana. Para él, los procesos psíquicos se desarrollan en el tiempo; pero no en el tiempo entendido como duración de fenómenos, sino como historia, como proceso de desarrollo de la sociedad. En ese proceso, la categoría fundamental es la actividad transformadora de la naturaleza que realizan las personas, la cual es diferente de la actividad que realiza el animal, ya que éste se limita a utilizarla. En la actividad transformadora, entre el hombre y la naturaleza media la cultura, es decir que el hombre no se acerca al objeto de su actividad directamente sino

a través de la cultura, lo que implica que el sujeto de la actividad también se transforma. Es en esta transformación del sujeto donde se da el desarrollo de lo que Vygotsky llama los procesos psicológicos superiores (atención voluntaria, pensamiento, memoria, conciencia, percepción). La relación entre estos procesos y la cultura, establecida por Vygotsky, es indispensable para tenerla en cuenta cuando se hace un diseño curricular, con el fin de superar el error, tradicionalmente cometido, que consiste en desconocer la cultura local, regional y nacional, en los contenidos curriculares.

Según un postulado de esta visión socio-histórico-cultural del desarrollo humano todos los procesos psicológicos que desarrolla una persona fueron procesos que se vivieron, en primer lugar socialmente, y esas vivencias socio-culturales son las que orientan con mayor y menor fuerza, a quien las vive, hacia niveles superiores de desarrollo. De allí que sea tan importante articular el currículo con la cultura, toda vez que la comunicación que se establece en el acto educativo sólo tendrá sentido para quienes participan en él, si hace parte de los códigos construidos históricamente y socialmente por sus comunidades, o si se dan las condiciones para conocer, pactar y usar otros.

Ahora bien, como la posibilidad de acceder a otros códigos es parte fundamental de cualquier proyecto educativo, en el currículo se debe prever la forma de hacer ese tránsito utilizando los referentes más cercanos, de tal manera que el manejo de aquello que inicialmente pueda ser extraño, lo llene de significado y de sentido para tener la opción de apropiarlo o no, según sus intereses. De esta manera estaremos evitando, desde el espacio de la educación formal, la violencia que a veces se ejerce sobre algunas comunidades que sufren procesos de aculturación intensa por no tener las herramientas que les permitan identificar sus códigos y diferenciarlos de aquellos que les son extraños. Sólo así podrían actuar intencionalmente y optar por incorporar, apropiarse y recrear lo nuevo y lo extraño.

### **2.3.1 La educación es un proceso de formación permanente**

La educación es pues, según nuestra propuesta, formación institucionalizada. En forma muy congruente con el significado de educación que hemos propuesto, el artículo 1º de la Ley General de Educación, Ley 115 de 1994, define a la Educación como un proceso de formación permanente, personal, cultural y social.

El concebir la educación como un proceso tiene varias implicaciones; una de ellas es pertinente al tema que nos ocupa: la concepción de logro y de indicadores de logros. En efecto, el logro al cual se hace alusión en esta expresión no puede ser, en último término, sino el que se infiere de los objetivos de la Ley dentro del contexto del mencionado proceso que es la educación.

La interpretación de los indicadores de logros como signos nos sitúa en la concepción de la educación como proceso cultural contemplado en la Ley 115. Esta interpretación, hecha a la luz de una teoría educativa, permitirá a su vez, iluminar el proceso para considerar o mejorar las estrategias pedagógicas utilizadas.

#### **A. Los indicadores de logros son signos de que un determinado estado, dentro de un proceso, se ha alcanzado**

El artículo 54 del decreto N° 1860/94 que reglamenta parcialmente la Ley 115 establece que “los criterios que regirán la evaluación y la promoción del educando en la educación básica, están orientados por los logros que para cada grado establezca el proyecto educativo institucional, a partir de los objetivos generales y específicos definidos en los artículos 20, 21 y 22 de la Ley 115 de 1994 y los lineamientos que para el efecto establezca periódicamente el Ministerio de Educación Nacional teniendo en cuenta criterios de actualización del currículo y la búsqueda de la calidad.”

Los objetivos generales y específicos definidos en los artículos 20, 21 y 22 de la Ley 115 de 1994 son, como ya lo hemos dicho, objetivos de desarrollo humano. En efecto en el artículo 20, artículo en el que se establecen los Objetivos Generales de la Educación Básica, se habla de “propiciar una formación general”, “desarrollar habilidades comunicativas”, “ampliar y profundizar en el razonamiento lógico y analítico”, para tomar tres ejemplos. Dentro de los objetivos específicos para primaria (Art. 21) se habla de la “formación de los valores fundamentales”, “el desarrollo de conocimientos matemáticos”, “el desarrollo de valores civiles, éticos y morales”; algo parecido sucede con los objetivos específicos para secundaria.

Cuando se plantean objetivos de esta naturaleza, surgen inmediatamente las preguntas siguientes: ¿Cómo sabemos que los objetivos ya se alcanzaron?; en el caso de que no se hayan alcanzado, ¿es posible saber si vamos por buen camino? Tomando un caso concreto, ¿cómo podemos saber que un niño ha desarrollado un determinado conocimiento matemático?; esta pregunta no es fácil de contestar. Sabemos por ejemplo que si queremos saber si el niño conoce la suma en los números naturales, no podemos asumir que la capacidad de hacer sumas es razón suficiente para concluir que sí la conoce. En efecto, el niño ha podido memorizar (como sucede en la mayoría de los casos) algún algoritmo de suma sin saber lo que está haciendo; esto se pone en evidencia cuando no es capaz de resolver un problema de suma a pesar de que ejecuta la suma correspondiente por fuera del contexto del problema. Por otro lado, si sabemos que no conoce la suma en los números naturales, ¿es posible decir que, a pesar de ello, va por buen camino para hacerlo?

Existe, por lo menos, una forma de contestar a estas preguntas: Conocer bien los procesos educativos que permiten llegar a estos objetivos. Este aspecto lo trataremos en el numeral siguiente.

Supongamos que conocemos estos procesos; encontramos entonces un problema importante: dentro de estos procesos educativos tendremos que tomar en cuenta los procesos cognitivos, afectivos, valorativos ... que se dan en el estudiante y le permiten desarrollar un determinado conocimiento. Sobre la base de estos procesos ya conocidos, debemos identificar indicadores (signos) que nos permitan describir el estado en el que se encuentra el proceso, puesto que el proceso es una construcción teórica que los estudiosos de la cognición han construido actuando experimentalmente sobre el comportamiento de los seres humanos. Los procesos son modelos mentales que surgen de aquellos recortes exitosos que han permitido organizar, ordenar el desarrollo humano, enormemente complejo. Son pues construcciones mentales que se refieren a procesos inobservables que se dan dentro del individuo, en su mente. Pero estos procesos mentales tienen manifestaciones que nos pueden servir de indicios acerca de los procesos subyacentes. Gracias a estos indicadores, indicios o señales, podemos plantear hipótesis bien fundamentadas acerca de lo que está sucediendo en la mente de nuestros estudiantes. Estas hipótesis serán puestas a prueba posteriormente a medida que avancen los procesos educativos.

Analicemos un ejemplo sencillo por ahora; gracias a las preguntas llenas de extrañeza de los niños acerca de la infancia de sus padres, podemos inferir que para el niño es difícil concebir el pasado; es difícil concebir el mundo en una forma diferente a la que él puede observar. Al niño pequeño le queda difícil aceptar que su madre o su padre algún día fueron bebés y que tuvieron padres que también los obligaban a acostarse temprano y a tomarse la sopa. Les queda difícil imaginar que cuando sus padres eran pequeños no existía la televisión a color o que, lo que todavía es menos concebible, cuando sus abuelos eran pequeños no existía la televisión ni la radio. Esta dificultad para concebir el mundo en una forma diferente a como lo puede observar hoy, se hace evidente también cuando, más adelante, en clase de historia, el estudiante "mira" los acontecimientos históricos desde la perspectiva del mundo actual. El profesor de historia debe ser entonces consciente de que el proceso que le permitirá al estudiante trascender este centramiento en el presente es largo y demanda muchas experiencias que pongan en crisis los modelos que le hacen ver el mundo de esta forma; el modelo en crisis será reemplazado por otro que la resuelva adecuadamente; un modelo que nuevamente esté en equilibrio con la realidad modelada. En palabras de Piaget, se dará un proceso de reequilibración mejorado.

Las preguntas tan peculiares de los niños acerca del pasado son pues indicadores, señales, indicios de que conciben de una cierta manera el pasado. Estos indicios nos permiten decir que el niño mira el pasado con los ojos del presente y, puesto que conocemos los procesos que llevan al niño a poder concebir el pasado tratando de situarse en él, podemos decir que estos indicios nos permiten lanzar la hipótesis, bien fundamentada en la experiencia interpretada desde una teoría, de que el niño se encuentra en un determinado estadio o una determinada etapa de este proceso.

Los indicadores de logros, desde la perspectiva que proponemos aquí, siguen la misma lógica. El indicador de logro es, entonces, un sistema de acciones y operaciones del estudiante que, desde un enfoque teórico, se interpreta como indicio de que en un determinado proceso se ha alcanzado un determinado estado (que, como es natural pensar, este estado puede ser el final dentro del proceso previsto, o puede ser el resultado de haber trascendido un conjunto de procesos). Estos indicios no deben ser confundidos con los objetivos. Los objetivos educativos se refieren al desarrollo humano. Porque sólo el desarrollo de los procesos cognitivos asegura que formemos individuos creativos que comprendan su mundo; sólo el desarrollo de los procesos afectivos asegura que formemos individuos capaces de expresar sus emociones y afectos y de entender y valorar los de los demás. Confundir los indicadores de logros con los objetivos equivale a confundir la medida con lo medido.

### **B. El problema de conocer los procesos**

El conocimiento de los procesos es una condición necesaria para poder evaluarlos. Para expresarlo con la ayuda de una metáfora, sólo quien conoce un camino sabe en qué punto de él se encuentra en un momento dado. Por el contrario, quien ignora absolutamente todo acerca de un camino que recorre no puede, de ninguna manera, saber "por dónde va"; no puede saber siquiera si va "por buen camino". Quien ignora todo acerca de un proceso cognitivo, afectivo, valorativo... no puede evaluarlo.

Afortunadamente todo maestro conoce mucho acerca de los procesos educativos, de tal forma que existen ya buenos fundamentos para iniciar un trabajo tendiente a evaluar estos procesos. Es necesario, sin embargo, emprender un programa de trabajo que permita organizar lo que se conoce en forma sistemática. Conocer los procesos en forma sistemática es, pues, un asunto de investigación pedagógica que debe ser emprendida de la forma más rápida posible.

#### **2.3.2 Para evaluar los procesos educativos es necesario señalar ciertos estados (logros) como puntos de referencia alcanzables**

El cumplimiento de los objetivos educativos nos señala el estado final de los procesos que, desde sus valores culturalmente constituidos, la sociedad considera como deseables. Estos procesos son, en general, procesos de tiempos



largos; algunos de ellos pueden tomar diez o doce años. Es necesario entonces evaluar la forma como se va desarrollando el proceso.

Para ello parece conveniente fijar ciertos niveles de logro que son deseables alcanzar y, lo que es muy importante, tomados en cuenta los procesos mismos, es posible esperar que se puedan alcanzar, por eso es necesario identificar aquellos signos que pueden ser síntomas de que los estados señalados se han alcanzado.

Para cumplir con este momento es necesario identificar los sistemas de acciones y operaciones que podrían ser interpretados como el logro de un determinado estado.

Igualmente es necesario construir un sistema de criterios perceptibles como indicadores de logro de un estado dentro del proceso. Tales criterios nos permiten fundamentar la hipótesis de que se ha alcanzado un determinado estado dentro del proceso (se ha alcanzado un logro).

Cuando nos referimos a los indicadores de logros nos estamos refiriendo a un enfoque particular en la evaluación. Los indicadores de logros nos indican (y aquí la redundancia es muy útil para aclarar el sentido de este concepto) si hemos llegado al final del proceso o en qué momento o etapa de él nos encontramos. El enunciado de estos indicadores lo hacemos en el orden cronológico, que según diversos estudios y observaciones, debe darse. En este sentido se trata de una hipótesis que deberá ser confirmada en la experiencia cotidiana y sistemática en el aula de clases.

Los procesos que conducen hacia los fines y objetivos de la educación están relacionados entre ellos, con los objetivos generales y específicos de los tres niveles de la educación formal (preescolar, educación básica y educación media) y con los objetivos de la enseñanza del área de ciencias naturales y educación ambiental.

---

## 2. Logros e indicadores de logros curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental

### 2.7 Los logros e indicadores de logros curriculares del área

#### 2.7.1 Logros curriculares para los grados primero, segundo y tercero de educación básica

##### A. PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA

###### Construcción y manejo de conocimientos

En cuanto a este gran logro, a nivel de los tres primeros grados, puede esperarse:

- **Capacidad para hacer descripciones sencillas** de aparatos simples que se encuentran en su medio haciendo especial énfasis en la forma de uso que evite riesgos (bombillos, radios, planchas, etc.); de animales que le son familiares bien sea porque son de su medio, bien sea porque tiene especial interés en ellos.

Es posible esperar que a finales del tercer grado y comienzos del cuarto los niños se encuentren entrando a la segunda etapa del primer período del desarrollo del pensamiento científico, las descripciones y las narraciones deben haber evolucionado de la siguiente manera: las descripciones deben ser distinguidas de las explicaciones. En particular el estudiante no debe contestar a una pregunta del tipo ¿Por qué tal suceso? con una descripción del suceso. Las descripciones deben involucrar conceptos científicos (ejemplo: Los dinosaurios eran ovíparos y se extinguieron antes de que los primeros mamíferos aparecieran). Los temas a los cuales estas descripciones pueden referirse son los que se hayan seleccionado para estructurar el currículo, como los que figuran en la propuesta de contenidos científicos básicos.

- **Ser capaz de narrar sucesos sencillos** acerca de la vida de animales; el ciclo de vida de algunas plantas; fenómenos naturales como la lluvia o el viento; la forma como pueden dañarse algunos aparatos sencillos y la forma como funcionan adecuadamente.

En las narraciones debe haber un énfasis en las relaciones entre objetos y sucesos y en las transformaciones

que se dan. En otras palabras debe haber las primeras señales de que el estudiante trata de representar procesos y no solamente objetos estáticos.

- **Capacidad para hacer explicaciones sencillas:** en los primeros grados el estudiante confunde la descripción con la explicación. A este nivel debe esperarse que el estudiante sea capaz de hacer las primeras explicaciones diferenciadas de las descripciones: A este nivel, el estudiante debe ser capaz de contestar a una pregunta del tipo ¿qué es tal cosa? o ¿qué sucedió en tal momento? con una descripción y a las preguntas del tipo ¿por qué sucedió tal cosa? con una explicación en la cual se diferencian claramente los sucesos de sus causas. Los temas a los cuales se refieren estas explicaciones son los mismos a los cuales se refieren las descripciones.

## Capacidad investigativa

En los dos primeros grados de la educación básica, la capacidad investigativa se traduce en la curiosidad natural y en el deseo de saber. Pero hacia el tercer grado la capacidad investigativa debe haber superado la pregunta sencilla y aislada y debe convertirse en:

- Planteamiento de preguntas dirigidas a establecer relaciones: las preguntas del estudiante muestran la intención de establecer relaciones entre los diversos sucesos que conoce (ejemplos: ¿por qué se extinguieron los dinosaurios si eran tan grandes y tan fuertes? ¿Por qué los imanes se atraen y se mueven sin necesidad de conectarlos a la corriente, ni ponerles pilas ni gasolina?).

A este nivel el estudiante debe haber desarrollado una competencia más:

- Documentarse para responder a preguntas: debe ser capaz de interrogar compañeros, profesores o a sus padres para responderse una pregunta, pero además debe ser capaz de consultar documentos escritos o fílmicos o computacionales (según las posibilidades del estudiante y de su medio escolar) para responder a sus preguntas (ejemplo: consultar documentos acerca de los dinosaurios para conocer hipótesis acerca de su extinción).

## B. PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO

### Curiosidad científica y deseo de saber

En cuanto a este gran logro, a nivel de los tres primeros grados, puede esperarse que se presenten las siguientes competencias que nos indican un buen desarrollo del proceso de formación científica básica:

- **Planteamiento de preguntas sencillas** del tipo ¿Qué es? ¿Por qué? ¿Para qué? ¿Cómo?: El estudiante que se encuentre desarrollando adecuadamente su curiosidad y su deseo de saber planteará preguntas sobre la forma como funcionan aparatos pertenecientes a su medio (bombillos, radios, planchas, etc.), sobre la forma como viven algunos animales (pueden recibir especial interés los que le son exóticos), sobre algunos fenómenos naturales (la lluvia, el viento, el día o la noche, los ríos, el mar, las nubes), o sobre algún otro tema relativo a las ciencias naturales que, según las condiciones individuales y culturales del niño, pueda interesarle.

Hacia finales del tercer grado y comienzos del cuarto, las preguntas del tipo ¿Qué es? ¿Por qué? ¿Para qué? ¿Cómo? deben tener más el sentido de una explicación: deben preguntar por causas dentro de un esquema explicativo aunque sea incipiente. Los niños de los grados anteriores pueden preguntar por qué tal animal se llama de tal forma sin que esta pregunta busque realmente una explicación. Las demás preguntas deben haber adquirido el significado de buscar relaciones entre las cosas y los eventos (o, en general, entre los procesos). Los temas sobre los cuales preguntan se deben haber ampliado (porque los temas que se tratan en clase se han ampliado) y se referirán a: la forma como ciertos aparatos funcionan; acerca de la energía eléctrica y otras formas de energía; sobre la flotación, los globos, las ruedas, el peso de los objetos; sobre los colores y las propiedades ópticas de espejos y lentes, y en general sobre el comportamiento de la luz. El tipo de preguntas también se hace más rico. El estudiante debe plantear preguntas del tipo ¿en qué se parecen (o se diferencian) tales y tales objetos? (o tales y tales sucesos) e incluso, hacer preguntas del tipo ¿qué pasaría si tal cosa? en los mismos temas<sup>23</sup>.

- **Interés en un tema predilecto:** Es común encontrar que los niños a esta edad tengan algún tema que les interese particularmente. Los ejemplos más comunes para niños de zonas urbanas son los ovnis, los dinosaurios, los animales del mar, los animales de la selva. Si el profesor ha sabido desarrollar la curiosidad los estudiantes tendrán alguno de estos temas predilectos y posiblemente serán objeto de elaboración de relatos y meta-relatos.

Hacia el tercer o cuarto grados, el estudiante debe ya haber tenido la oportunidad de participar en un proyecto pedagógico (decreto 1860/94, artículo 36) que le haya permitido crear un interés especial sobre algún tema científico o desarrollar alguno que ya tenía. Un ejemplo de proyecto puede ser la construcción de un invernadero, o de un cultivo hidropónico, o la construcción de un filtro para agua para el consumo en el establecimiento educativo, o la organización de un zoológico. Puede ser también un trabajo sobre “¿Los ovnis existen realmente?” o “¿Cómo eran y cómo vivían los dinosaurios?”

### Planteamiento y tratamiento de problemas

En los dos primeros grados es prematuro esperar logros concretos por parte del estudiante para plantear y tratar problemas. Esta capacidad se ve agotada en el planteamiento de preguntas. Pero hacia el tercer grado el estudiante debe haber superado el simple planteamiento de preguntas y desarrollar competencias como:

- **Transformación de una pregunta en un problema para investigar:** las preguntas del tipo ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Qué pasaría si...? deben poder ser transformadas en un problema en torno al cual el estudiante (apoyado por el maestro) puede trazar un plan de trabajo para contestar esta pregunta.
- **Capacidad para poder enfrentar el planteamiento de un problema científico:** el estudiante debe poder entender un problema de ciencias y enfrentarlo con los conocimientos que hasta el momento tiene y debe poder criticar la solución que propone.

## C. PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA

### Conciencia ética

A este nivel se puede esperar que el estudiante cuide en general todo lo que le rodea pero que además haga especial énfasis en cuidar y respetar los seres vivos, en particular las plantas que suelen ser considerados como no vivos.

Posteriormente el estudiante ya debe entender que los seres vivos son interdependientes y que la vida de unos influye en la de los otros; que en particular el hombre puede influir en la vida de las demás especies animales positiva o negativamente y que por tanto es necesario que desarrolle competencias como:

- **Argumentación sobre cómo el comportamiento personal puede influir en la preservación de la vida y actuar en consecuencia:** el estudiante debe saber argumentar cómo a nivel personal se puede contribuir a la preservación de la vida no botando basuras, no desperdiciando el agua, economizando la energía eléctrica, el gas o el cocinol, etc.
- **Actitud crítica constructiva ante los usos de la ciencia y la tecnología que atentan contra el equilibrio ambiental:** el estudiante debe ser capaz de encontrar buenos argumentos en contra de industrias que producen desechos contaminantes del agua, del aire o del suelo o que producen ruidos nocivos para el hombre y los animales y pensar nuevas alternativas para el manejo de fábricas y en general empresas que enfrenten este tipo de problemas.

### 2.7.2 Indicadores de logros curriculares para los grados primero, segundo y tercero de la educación básica (resolución 2343/96, artículo 11)

Las siguientes formas de actuación, desempeño, comportamiento, etc., de los estudiantes son indicadores (signos) de que se han alcanzado los logros a los que nos hemos referido en el numeral 2.7.1. Tales indicadores fueron adoptados de la resolución 2343 de 1996. La descripción de estos indicadores puede y debe enriquecerse con descripciones más concretas, más detalladas, es decir, deben ser desglosadas por grados, valiéndose de la experiencia cotidiana en el salón de clases; de esta manera se enriquecerá este listado de ejemplos con situaciones diversas, producto de las múltiples condiciones culturales, económicas y ambientales de las regiones del país.

## A. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación científica básica si él o ella:

- Hace descripciones sencillas que involucran clasificaciones claras en un contexto ambiental particular.
- Narra y representa sucesos sencillos con énfasis en las relaciones entre objetos y sucesos y en las

transformaciones que se llevan a cabo.

- Contesta con una descripción a una pregunta del tipo ¿qué es tal cosa? o ¿qué sucedió en tal momento?, o contesta con una explicación sencilla o formula una suposición o conjetura, en la cual se diferencian claramente los sucesos de sus causas, a preguntas del tipo ¿por qué sucedió tal cosa?
- Hace preguntas dirigidas a establecer posibles relaciones argumentadas entre los diversos sucesos que conoce.

## **B. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación para el trabajo si él o ella:

- Muestra persistentemente su curiosidad natural y deseos de saber, cuando plantea preguntas sencillas del tipo “¿qué es...?”, “¿por qué...?”, “¿para qué...?”, “¿cómo...?”, “¿en qué se parecen o se diferencian tales y tales objetos...?”, “¿qué pasaría si...?”.
- Muestra predilección por un tema y participa en un proyecto pedagógico que le haya permitido crear un interés especial sobre algún tema ambiental, científico, tecnológico o desarrollar alguno que ya tenía.
- Se documenta para responder a preguntas, interrogando a sus compañeros, profesores y padres, consultando documentos escritos, fílmicos o computacionales según sus posibilidades y las de su medio escolar.

## **C. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación ética si él o ella:

- Se ubica críticamente en relación con los demás elementos de su entorno y de su comunidad y muestra actitudes positivas hacia la conservación, uso y mejoramiento del ambiente.

### **2.7.3 Logros curriculares para cuarto, quinto y sexto grados de educación básica**

#### **A. PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA**

##### **Construcción y manejo de conocimientos**

- **Descripciones de objetos y eventos utilizando las categorías de las ciencias:** las descripciones de los objetos y de los sucesos deben en este momento involucrar los conceptos y categorías de las ciencias.
- **Narración de sucesos apoyándose en esquemas explicativos:** para las narraciones de sucesos el estudiante se apoya en esquemas explicativos y desde ellos establece relaciones entre causas y efectos.
- **Sustentación de argumentos apoyándose en esquemas explicativos:** las explicaciones de este nivel se fundamentan en leyes sencillas que establecen relaciones, dentro del contexto de una teoría incipiente, entre los sucesos descritos que se explican y sus causas. De estas explicaciones se pueden deducir hipótesis predictivas que pueden ser contrastadas. Los esquemas explicativos son criticados en función de los resultados de estas predicciones.

##### **Capacidad investigativa**

La capacidad investigativa de este nivel empieza a verse influida por una aproximación teórica de las ciencias.

- **Planteamiento de preguntas desde la perspectiva de un esquema explicativo:** Las preguntas por los sucesos y sus relaciones se hacen ahora desde la perspectiva de un esquema explicativo que establece las posibles relaciones. Algunas de estas preguntas van dirigidas hacia el establecimiento de la consistencia del esquema explicativo.
- **Documentarse para responder las preguntas y formular otras nuevas:** la práctica de la documentación es ahora frecuente y no sólo sirve para dar posibles respuestas a las preguntas sino también, y lo que es más

importante, para formular nuevas preguntas.

- **Formulación de hipótesis:** las posibles respuestas a las preguntas adquieren la forma de hipótesis cualitativas que se fundamentan en datos tratados en forma sencilla (frecuencias, promedios, modas, porcentajes).
- **Planteamiento, montaje y realización de experimentos:** el estudiante en este nivel debe ser capaz de planear experimentos para poner a pruebas sus propias hipótesis o las de sus compañeros o las del profesor. En función de los resultados experimentales el estudiante debe poder criticar los esquemas explicativos en los que se fundamentó para formular sus hipótesis.

## B. PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO

### Curiosidad científica y deseo de saber

En este nivel la curiosidad debe dirigirse hacia el establecimiento de relaciones que vayan conformando teorías aunque sean incipientes y los intereses se deben haber diversificado.

- **Planteamiento de preguntas referentes a relaciones teóricas:** el tipo de preguntas deseables a este nivel son aquellas que hacen referencia a relaciones entendidas dentro del conocimiento teórico que tiene hasta el momento el alumno y no simplemente a sucesos aislados (ejemplos: La pregunta sobre la extinción de los dinosaurios se plantea ahora dentro del contexto de la teoría de la evolución de las especies y de la evolución del planeta Tierra. La pregunta sobre por qué existen los cometas y por qué sus órbitas son elipses tan diferentes a las de los planetas, se plantea dentro del contexto de la teoría del Big Bang).
- **Interés por explorar varios temas científicos:** en este momento el estudiante ha debido tener la oportunidad de participar en varios proyectos pedagógicos y de desarrollar así varios temas de su interés que sigue cultivando.
- **Motivación, inquietudes y deseos de saber acerca de temas teóricos y tecnológicos:** el deseo de saber sobrepasa el simple conocimiento de objetos, hechos, sucesos o fenómenos y se dirige al placer de contar con esquemas explicativos (teorías incipientes) que permiten establecer relaciones entre hechos aparentemente aislados y permiten resolver problemas prácticos.

### Planteamiento y tratamiento de problemas

- **Planteamiento de problemas de las ciencias naturales desde los esquemas explicativos:** el planteamiento de los problemas se hace ahora desde las concepciones de un esquema explicativo desde el cual también se formulan las hipótesis que se mencionan en el numeral anterior.
- **Tratamiento de problemas desde los esquemas explicativos:** el estudiante es capaz de interpretar y tratar problemas que el profesor le plantea, que él mismo se plantea o que encuentra en algún documento, desde la perspectiva de un esquema explicativo y ofrece posibles respuestas al problema. La crítica a las soluciones propuestas las hace desde el mismo esquema explicativo.
- **Planteamiento y tratamiento de problemas tecnológicos y ambientales:** el estudiante debe ser capaz de plantear una necesidad práctica en términos de un problema tecnológico o ambiental y proponer soluciones desde un esquema explicativo.

## C. PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA

### Conciencia ética

En este nivel el estudiante puede generalizar su reflexión acerca de la naturaleza, la sociedad, la ciencia, la técnica y la preservación de la vida como valor fundamental hacia otros valores como el mejoramiento de la calidad de vida.

- **Capacidad para argumentar que la ciencia y la tecnología pueden producir efectos buenos o malos para la vida del hombre:** el estudiante debe describir sucesos históricos en los que los productos científicos y tecnológicos han causado grandes catástrofes y sucesos en los que han redundado en grandes beneficios para la humanidad.

- **Respeto por las ideas de los demás:** en las discusiones el estudiante oye a sus compañeros; discute y critica los argumentos de sus compañeros; acepta que sus ideas sean criticadas y cuando considera que no tiene razón acepta cambiar de posición.

#### **2.7.4 Indicadores de logros curriculares para los grados cuarto, quinto y sexto de la educación básica (resolución 2343/96, artículo 11)**

Las siguientes formas de actuación, desempeño, comportamiento, etc., de los estudiantes son indicadores (signos) de que se han alcanzado los logros a los que nos hemos referido en el numeral 2.7.3. Tales indicadores fueron adoptados de la resolución 2343 de 1996. La descripción de estos indicadores puede y debe enriquecerse con descripciones más concretas, más detalladas, es decir, deben ser desglosadas por grados, valiéndose de la experiencia cotidiana en el salón de clases; de esta manera se enriquecerá este listado de ejemplos con situaciones diversas, producto de las múltiples condiciones culturales, económicas y ambientales de las regiones del país.

#### **A. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación científica básica si él o ella:

- Elabora preguntas con base en su propio conocimiento teórico y no simplemente sobre sucesos aislados.
- Hace descripciones utilizando las categorías de análisis y organización de las ciencias.
- Narra sucesos ambientales apoyándose en esquemas explicativos coherentes.
- Hace preguntas desde la perspectiva de un esquema explicativo, con el que se establecen posibles relaciones.
- Se documenta para responder sus propias preguntas y formular otras nuevas.
- Formula posibles respuestas argumentadas a sus preguntas.
- Planea y realiza experimentos para poner a prueba sus propias hipótesis, las de sus profesores y compañeros.

#### **B. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación para el trabajo si él o ella:

- Muestra curiosidad por conocer objetos y eventos del mundo y explora temas científicos.
- Manifiesta inquietudes y deseos de saber acerca de temas teóricos, ambientales y tecnológicos.
- Interpreta, trata y ofrece posibles respuestas a los problemas que él mismo se plantea, a los que plantea el profesor o a los que encuentra en su entorno o en algún documento.
- Plantea con relativa solvencia problemas de las ciencias naturales, teniendo en cuenta las implicaciones derivadas de la aplicación de una determinada teoría científica.
- Plantea una necesidad práctica en términos de un problema ambiental o tecnológico, y propone y discute soluciones alternativas, fundamentándose en esquemas explicativos.

#### **C. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación ética si él o ella:

- Describe invenciones, sucesos y eventos cuyos efectos científicos o tecnológicos han redundado en grandes beneficios para la humanidad o han causado grandes catástrofes, y argumenta sobre las consecuencias positivas y negativas de dichos sucesos.

### 2.7.5 Logros curriculares para séptimo, octavo y noveno grados de educación básica

En este nivel el carácter teórico del conocimiento que posee el alumno sobre los procesos físicos, químicos y biológicos se hace más cercano al de los científicos.

#### A. PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA

Construcción y manejo de conocimientos

- **Capacidad para hacer descripciones utilizando las categorías de las ciencias:** las descripciones se hacen en este nivel dentro del contexto de un problema teórico o tecnológico: la relación descripción-teoría es clara.
- **Capacidad para hacer narraciones de sucesos apoyándose en teorías explicativas:** para las narraciones de sucesos el estudiante se apoya ya en teorías explicativas y desde ellas establece relaciones entre causas y efectos aludiendo a leyes científicas formuladas en términos cualitativos, ordinales y cuantitativos utilizando (donde es posible) modelos sencillos como pueden ser las ecuaciones lineales o relaciones algebraicas.
- **Capacidad para hacer razonamientos apoyándose en teorías explicativas:** las explicaciones de este nivel se fundamentan en leyes que se formulan en términos de relaciones cualitativas, ordinales y cuantitativas. De estas explicaciones se pueden deducir hipótesis predictivas cualitativas, ordinales y cuantitativas que pueden ser contrastadas. Las teorías explicativas son criticadas en función de los resultados de estas predicciones.

#### Capacidad investigativa

La capacidad investigativa de este nivel empieza a verse influida por una aproximación teórica de las ciencias.

- **Planteamiento de preguntas desde la perspectiva de una teoría explicativa:** las preguntas por los sucesos y sus relaciones se hacen ahora desde la perspectiva de una teoría explicativa que establece las posibles relaciones de tipo cualitativo, ordinal o cuantitativo. Algunas de estas preguntas van dirigidas hacia el establecimiento de la consistencia interna de la teoría explicativa.
- **Documentarse para responder las preguntas y formular otras nuevas:** la práctica de la documentación no sólo es ahora frecuente sino que además está orientada desde la teoría. Las preguntas que surgen de ella son de naturaleza teórica o tecnológica.
- **Formulación de hipótesis:** el estudiante es capaz de formular hipótesis cualitativas, ordinales y cuantitativas que se fundamentan en datos tratados en forma sencilla (frecuencias, promedios, modas, porcentajes) para cuya obtención ha realizado medidas.
- **Planeamiento, montaje y realización de experimentos:** el estudiante en este nivel debe ser capaz de planear experimentos utilizando mecanismos de control experimental para poner a prueba sus propias hipótesis o las de sus compañeros o las del profesor. La medida se ha constituido en una competencia del estudiante y la utiliza para la contrastación de las hipótesis.
- **Elaboración de informes:** el estudiante en este nivel debe poder escribir informes de sus actividades de estudio en los que vincule sus ideas (contraponiendo, discutiendo, comparando) con las ideas científicas del momento (que las encuentra en los libros o en las discusiones con el profesor) en un texto coherente escrito en buen castellano.

#### B. PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO

Curiosidad científica y deseo de saber

- **Planteamiento de preguntas:** en este nivel las preguntas del estudiante van respaldadas por un contexto teórico articulado por ideas científicas tales como energía, materia, espacio, tiempo, fuerza, evolución, vida, especie...
- **Exploración de varios temas científicos:** en estos grados el estudiante muestra a través de sus lecturas, inquietudes y actividades, interés por las ideas científicas que mencionamos en el numeral anterior. El estudiante debe además haber desarrollado interés en algún desarrollo tecnológico especial y documentarse por su cuenta,

maneja bien el tema y es deseable que haya desarrollado competencias específicas dentro de esta área. (Un ejemplo corriente es el de los computadores: muchos estudiantes saben de los últimos desarrollos documentándose por diversos medios y en ocasiones manejan paquetes sofisticados o han aprendido a programar. Otro ejemplo es el de la electrónica; hay muchos estudiantes que construyen circuitos para aplicaciones concretas.)

- **Inquietudes y deseos de saber acerca de temas teóricos, ambientales y tecnológicos:** el componente teórico es más claro en este nivel. El estudiante trata de hacer más conexiones entre los múltiples conocimientos que hasta el momento ha construido gracias a las actividades académicas dirigidas por el profesor.

### Planteamiento y tratamiento de problemas

- **Planteamiento de problemas de las ciencias naturales desde las teorías explicativas:** el planteamiento de los problemas se hace ahora desde las concepciones de la teoría explicativa desde la cual también se formulan las hipótesis que se mencionan en el numeral anterior. Estas hipótesis son de carácter cualitativo, ordinal o cuantitativo.
- **Tratamiento de problemas desde las teorías explicativas:** el estudiante es capaz de interpretar y tratar problemas que el profesor le plantea, que él mismo se plantea o que encuentra en algún documento, desde la perspectiva de una teoría explicativa y desde ella misma ofrece posibles respuestas al problema. La crítica a las soluciones propuestas le permite ajustar sus conceptos.
- **Planteamiento y tratamiento de problemas tecnológicos y ambientales:** el estudiante debe ser capaz de plantear una necesidad práctica en términos de un problema tecnológico o ambiental y proponer soluciones desde la teoría explicativa.

## C. PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA

### Conciencia ética

En este nivel el estudiante puede dar argumentos que hacen referencia a las relaciones entre la ciencia y la búsqueda del bien para todos.

- **Capacidad para argumentar que la ciencia y la tecnología son una construcción social para el bien del hombre y la sociedad:** el estudiante entiende la ciencia y la tecnología como un producto de la actividad humana que tiene como fin primordial el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano.
- **Respeto por las ideas de los demás:** la participación del estudiante en toda discusión siempre está regida por la búsqueda de la verdad y no por intereses personales o de grupos.

### 2.7.6 Indicadores de logros curriculares para los grados séptimo, octavo y noveno de la educación básica (resolución 2343/96, artículo 11)

Las siguientes formas de actuación, desempeño, comportamiento, etc., de los estudiantes son indicadores (signos) de que se han alcanzado los logros a los que nos hemos referido en el numeral 2.7.5. Tales indicadores fueron adoptados de la resolución 2343 de 1996. La descripción de estos indicadores puede y debe enriquecerse con descripciones más concretas, más detalladas, es decir, deben ser desglosadas por grados, valiéndose de la experiencia cotidiana en el salón de clases; de esta manera se enriquecerá este listado de ejemplos con situaciones diversas, producto de las múltiples condiciones culturales, económicas y ambientales de las regiones del país.

## A. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación científica básica si él o ella:

- Hace descripciones dentro del contexto de un problema teórico, ambiental o tecnológico, utilizando categorías de las ciencias.
- Narra y explica eventos y sucesos, estableciendo relaciones entre causas y efectos, aludiendo a las leyes naturales y a las teorías científicas formuladas en términos cualitativos y cuantitativos, utilizando modelos sencillos.



- Formula hipótesis cualitativas o cuantitativas fundamentadas en datos expresados en forma sencilla, para cuya obtención ha realizado pruebas y mediciones.
- Diseña experimentos que requieren mecanismos de control experimental para poner a prueba sus propias hipótesis, las de sus compañeros o las del profesor.
- Escribe informes sobre las actividades de estudio que adelanta dentro y fuera de la escuela, en un texto coherente, en el que contrapone, discute y confronta sus ideas con las ideas científicas del momento.

## **B. Indicadores relativos al proceso de formación para el trabajo**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de trabajo si él o ella:

- Plantea preguntas respaldadas por un contexto teórico articulado por ideas científicas, explorando varios temas científicos y manifiesta inquietudes y deseos de saber acerca de temas teóricos, ambientales y tecnológicos.
- Hace preguntas desde la perspectiva de una teoría explicativa, se documenta en diversas fuentes para responder las preguntas y formula otras nuevas.
- Plantea y trata problemas de las ciencias naturales, problemas ambientales, problemas tecnológicos y propone soluciones teniendo en cuenta las teorías explicativas.

## **C. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA**

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en el proceso de formación de ética si él o ella:

- Argumenta que la ciencia y la tecnología son construcciones sociales que deben estar al servicio del hombre y la sociedad; construye reflexiones críticas a propósito de la relación ciencia - tecnología - sociedad - naturaleza; respeta las ideas de los demás teniendo en cuenta que toda discusión apunta hacia la búsqueda de acuerdos.

### **2.7.7 Logros curriculares para los grados décimo y undécimo de la educación media**

En estos grados el estudiante debe alcanzar el período teórico holístico en el proceso de desarrollo del pensamiento científico, en consecuencia debe haber alcanzado los objetivos consagrados en la Ley General de Educación que atañen al área y los objetivos propios del área. En otras palabras, debe ser capaz de adquirir y generar conocimientos científicos y técnicos más avanzados a través del trabajo en investigación en el que se muestre siempre como un individuo crítico y creativo, reflexivo con capacidad de análisis y de síntesis y con un profundo compromiso ético que lo oriente hacia el mejoramiento cultural y de la calidad de vida.

## **A. PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA**

### **Construcción y manejo de conocimientos**

- **Capacidad para hacer descripciones utilizando modelos matemáticos:** las descripciones se hacen en este nivel dentro del contexto de un problema teórico, tecnológico o ambiental utilizando los instrumentos y modelos matemáticos más idóneos para el caso estudiado.
- **Capacidad para hacer narraciones de sucesos apoyándose en teorías explicativas y utilizando modelos matemáticos:** para las narraciones de sucesos el estudiante se apoya ya en teorías explicativas y desde ellas establece relaciones entre causas y efectos aludiendo a leyes científicas formuladas mediante modelos matemáticos.
- **Capacidad para hacer explicaciones apoyándose en teorías explicativas formalizadas y matematizadas:** las explicaciones de este nivel se fundamentan en leyes que se encuentran articuladas en un sistema formalizado y que pueden también estar formuladas mediante modelos matemáticos. De estas explicaciones se pueden deducir formalmente hipótesis predictivas cualitativas, ordinales y cuantitativas que pueden ser contrastadas. Las teorías explicativas son criticadas en función de los resultados de estas predicciones para lo cual se utilizan métodos de medición.

## Capacidad investigativa

La capacidad investigativa de este nivel empieza a verse influida por una aproximación teórica de las ciencias enmarcada dentro de un contexto muy general de conocimiento universal.

- **Planteamiento de preguntas desde la perspectiva de una teoría explicativa formalizada:** las preguntas por los sucesos y sus relaciones se hacen ahora desde la perspectiva de una teoría explicativa formalizada que establece las posibles relaciones de tipo cualitativo, ordinal o cuantitativo, y son de carácter hipotético-deductivo. La consistencia interna de la teoría explicativa toma gran importancia tanto por el número de preguntas como por el contenido.
- **Documentarse para responder las preguntas y formular otras nuevas:** la práctica de la documentación está orientada por el análisis teórico y el objetivo de relacionar las teorías en las diferentes áreas académicas.
- **Formulación de hipótesis:** algunas hipótesis provienen del ejercicio de extraer conclusiones (deducciones) que se toman como hipótesis a contrastar. Las medidas que se utilizan en la contrastación son ahora complejas.
- **Planeamiento, montaje y realización de experimentos:** el estudiante en este nivel debe ser capaz de planear experimentos utilizando mecanismos de control experimental para poner a prueba las hipótesis que se derivan de los sistemas formalizados (teorías científicas).
- **Elaboración de informes:** el estudiante en este nivel debe poder escribir informes de sus actividades de estudio en los que vincule sus ideas (contraponiendo, discutiendo, comparando) con las ideas científicas del momento (que las encuentra en los libros o en las discusiones con el profesor) en un texto coherente escrito en buen castellano, en el que el estudiante muestra su manejo de las teorías y su posición crítica. En el reporte de experimentos el estudiante muestra un buen manejo de las gráficas, de los esquemas, de las tablas de datos y demás sistemas de códigos especializados.

## B. PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO

### Curiosidad científica y deseo de saber

- **Planteamiento de preguntas:** en este nivel las preguntas que se esperan del estudiante deben ser teóricamente bien argumentadas y deben buscar la interrelación de los fenómenos explicados por la teoría. Igualmente, las preguntas de tipo tecnológico o ambiental deben estar bien articuladas con la teoría.
- **Interés por explorar varios temas científicos:** el estudiante debe tener una argumentación clara que vincule sus intereses científicos con su proyecto de vida. Debe tener claro si piensa estudiar alguna carrera que se encuentre relacionada con las ciencias naturales o no. Si va a dedicarse a alguna labor en la que sus conocimientos científicos van a jugar un papel importante. O si sus conocimientos científicos serán parte de su acervo cultural que le permitirán tener una mejor calidad de vida.
- **Inquietudes y deseos de saber acerca de temas teóricos, ambientales y tecnológicos:** en este nivel las preguntas, las actividades en los tiempos libres, las lecturas personales, las actividades culturales a las que se dedica el estudiante muestran que el deseo de saber en las ciencias y la educación ambiental se ve articulado con el deseo de saber en otras áreas: la filosofía, la historia, la literatura, etc.

### Planteamiento y tratamiento de problemas

- **Planteamiento de problemas de las ciencias naturales desde las teorías explicativas:** entre las preguntas se encuentran tanto preguntas teóricas como tecnológicas que vinculan el conocimiento científico con la vida cotidiana.
- **Tratamiento de problemas ambientales y científicos desde las teorías explicativas:** el estudiante es capaz de interpretar y tratar problemas que el profesor le plantea, que él mismo se plantea o que encuentra en algún documento, desde la perspectiva de una teoría explicativa y desde ella misma ofrece posibles respuestas al problema y para ello utiliza un enfoque interdisciplinario y los modelos lógicos y matemáticos. La crítica a las soluciones propuestas le permite ajustar sus conceptos.
- **Planteamiento y tratamiento problemas tecnológicos:** el estudiante debe ser capaz de plantear una

necesidad práctica en términos de un problema tecnológico y proponer soluciones desde la teoría explicativa utilizando para ello modelos lógicos y matemáticos.

### C. PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA

#### Conciencia ética

En este nivel hay una conciencia y un compromiso con el bien universal:

- **Pensamiento crítico-reflexivo:** el estudiante es capaz de argumentar desde marcos de referencia éticos generales el papel de la ciencia y la tecnología en la construcción de un país mejor para todos y debe poder vincular en su argumentación lo que ha aprendido en otras áreas, en especial en filosofía e historia.
- **Coherencia entre valores, actitudes y comportamientos:** el estudiante debe conocer en qué consiste cada uno de los valores que ha construido y asumido (componente cognitivo); saber razonar la utilidad y el interés de las actitudes implicadas (razones científicas, sociales y culturales en las que se asientan las actitudes) y comportarse coherentemente con sus valores y actitudes.

#### 2.7.8 Indicadores de logros curriculares para los grados décimo y undécimo de la educación media (resolución 2343/96, artículo 11)

Las siguientes formas de actuación, desempeño, comportamiento, etc., de los estudiantes son indicadores (signos) de que se han alcanzado los logros a los que nos hemos referido en el numeral 2.7.7. Tales indicadores fueron adoptados de la resolución 2343 de 1996. La descripción de estos indicadores puede y debe enriquecerse con descripciones más concretas, más detalladas, es decir, deben ser desglosadas por grados, valiéndose de la experiencia cotidiana en el salón de clases; de esta manera se enriquecerá este listado de ejemplos con situaciones diversas, producto de las múltiples condiciones culturales, económicas y ambientales de las regiones del país.

### A. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA BÁSICA

Podremos pensar que el estudiante avanza adecuadamente en su proceso de formación científica básica si él o ella:

- Plantea preguntas de carácter científico, ambiental y tecnológico bien fundamentadas, orientadas a buscar la interrelación de los fenómenos a la luz de diversas teorías.
- Hace descripciones dentro del contexto de un problema científico, ambiental o tecnológico, utilizando instrumentos teóricos y prácticos y modelos matemáticos idóneos para el caso estudiado.
- Hace narraciones de sucesos científicos, ambientales y tecnológicos, apoyándose en teorías explicativas y en leyes científicas, expresadas a través de modelos lógicos y matemáticos.
- Hace explicaciones apoyándose en teorías explicativas formalizadas que pueden también estar formuladas mediante modelos lógicos y matemáticos; de estas explicaciones deduce formalmente hipótesis predictivas, cualitativas y cuantitativas que pueden ser contrastadas; critica las teorías explicativas en función de los resultados de las predicciones formuladas, para lo cual utiliza métodos de medida.
- Hace preguntas y elabora proposiciones hipotético-deductivas en número considerable y contenido relevante, desde la perspectiva de una teoría explicativa formalizada, mediante la cual establece posibles relaciones de tipo cualitativo o cuantitativo.
- Se documenta para responder preguntas y formular otras, orientadas por el análisis teórico y el objetivo de relacionar las teorías en las diferentes áreas del conocimiento.
- Formula hipótesis provenientes de la práctica de extraer conclusiones o deducciones, las asume como hipótesis predictivas a contrastar, utilizando medidas complejas.
- Diseña experimentos, previendo en su diseño mecanismos de control experimental para poner a prueba las hipótesis que se derivan de las teorías científicas o de los sistemas formalizados; muestra las competencias necesarias para la realización de los experimentos.

- Escribe informes de sus actividades de estudio en los que contrapone, discute y confronta sus ideas con las ideas científicas del momento; el texto revela coherencia, buen uso del castellano y utiliza tablas de datos, esquemas, gráficas y demás sistemas de códigos científicos especializados; muestra el nivel de manejo de las teorías y su posición crítica.

## B. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO

Podremos pensar que el estudiante avanza en su proceso de formación para el trabajo si él o ella:

- Posee una argumentación clara que vincula sus intereses científicos, ambientales y tecnológicos con su proyecto de vida.
- Manifiesta inquietudes y deseos de saber acerca de problemas científicos, ambientales y tecnológicos y los articula con su deseo de saber en otras áreas del conocimiento.
- Formula preguntas y problemas teóricos y prácticos de las ciencias naturales y la tecnología, desde las teorías explicativas y a través de tales formulaciones, vincula el conocimiento científico con la vida cotidiana.
- Trata problemas que el profesor le plantea, que él mismo se plantea o que encuentra en algún documento, desde la perspectiva de una teoría explicativa y desde ella misma ofrece posibles respuestas al problema; utiliza modelos lógicos y matemáticos y modifica sus conceptos y teorías, a partir de la crítica a las soluciones propuestas.
- Plantea y trata problemas tecnológicos desde una necesidad práctica y propone soluciones en función de una teoría explicativa, utilizando para ello modelos lógicos y matemáticos.

## C. INDICADORES RELATIVOS AL PROCESO DE FORMACIÓN ÉTICA

Podremos pensar que el estudiante avanza en su proceso de formación ética si él o ella:

- Argumenta desde marcos generales de la ética, el papel de la ciencia y la tecnología en la construcción de un país mejor para todos y vincula en su argumentación los aprendizajes alcanzados en otras áreas, en especial en filosofía e historia.

---

<sup>23</sup> Para tener un inventario de todos los temas, es necesario remitirse al aparte sobre "Una propuesta de contenidos básicos del área de ciencias naturales y educación ambiental para la educación preescolar, básica y media".

---

## Bibliografía

ALDANA, G, "Creatividad y educación", en: Desarrollo de procesos de pensamiento, Serie Pedagogía y Currículo número 5, MEN - OEA, Bogotá, 1990.

ÁLVAREZ, P, Los valores como construcción del sentido de la vida, edición mimeografiada, 1991.

AUSUBEL, D, Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo, México, Trillas, 1978.

BETTELHEIM, B, "Fugitivos de la vida", en: Nuestra escuela un esfuerzo colectivo de construcción, 1981.

CELY, Gilberto y otros, El horizonte bioético de las ciencias, Santafé de Bogotá, Centro Editorial Javeriano CEJA, 1994.

## Ministerio de Educación Nacional

COLOM, A. y otros, Educación ambiental: sujeto, entorno y sistema, Salamanca, Amarú Ediciones, 1989.

DRIVER, R, "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos", en: Enseñanza de las Ciencias, Vol. 4 Nº 1, Barcelona, 1986.

..... Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias, en: Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 1987.

ESCOBEDO, H, "Un modelo de enseñanza de la física desde la perspectiva de una psicología constructivista", Informe final de investigación presentado a Colciencias Santafé de Bogotá, 1997.

FAURE, E, Aprender a ser, Lisboa, Bertrand, Livraria, 1974.

GARDNER, H, The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools, Boston, Should Teach, Basic Books, 1991.

GARRET, R. M., "Resolución de problemas y creatividad. Implicaciones para el currículo de ciencias, en: Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 1988.

GIL-PÉREZ, D., Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las ciencias, II Taller subregional, 17 al 20 de septiembre de 1992, Bogotá, 1991.

GOFFIN, L., "Formación de actitudes y valores en educación ambiental", en: Formación de dinamizadores en educación ambiental, memorias del segundo Encuentro Internacional realizado en Cartagena en 1995.

GONZÁLEZ, Martha y otros, Ciencia, tecnología y sociedad, Una introducción al estudio de la ciencia y la tecnología, Madrid, Editorial Tecnos, S.A., 1996.

GUTIÉRREZ, F., "Linguagem Total. Uma pedagogia dos meios de comunicação", en: Novas buscas em Educação, Vol. 1, São Paulo, 1978.

HUSSERL, E., La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental, 1936.

..... "La filosofía en la crisis de la humanidad europea", Conferencia pronunciada en la Asociación de Cultura de Viena.

JOSHUA, S. Y DUPIN, J. J., Introduction la didactique des sciences et des mathématiques, Paris, Presses Universitaires de France, 1993.

Ministerio de Educación Nacional, Integración en el diseño curricular, división de diseño y programación curricular de educación formal, 1983.

....., La promoción automática en la educación básica primaria, 1987.

....., Nuestra escuela, un esfuerzo colectivo de construcción, dirección general de capacitación, división de evaluación del rendimiento escolar. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Ediciones Lerner Ltda, 1988.

....., La escuela como proyecto cultural, Bogotá, 1988a.

....., Proyecto replanteamiento del área de tecnología en la educación básica general, dirección general de capacitación, 1992.

....., Lineamientos generales de procesos curriculares, Hacia la construcción de comunidades educativas autónomas, Santafé de Bogotá, MEN, 1994.

....., Lineamientos generales para una política de educación ambiental. Documento de apoyo. Serie documentos de trabajo, Bogotá, MEN, 1995.

....., Ley General de Educación. Ley 115 del 8 de febrero de 1994, Serie normas, Santafé de Bogotá, MEN, 1995a.

## Ministerio de Educación Nacional

Misión de Ciencia y Tecnología, Contribución de la educación básica y media vocacional al desarrollo de la ciencia y la tecnología, tomo I, Vol. 2, 1990, pág. 127.

MOCKUS, A. y Otros, Las fronteras de la escuela, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1988.

....., "Formación básica y actitud científica", en: Educación y Cultura N° 17, Bogotá, 1989.

NOVAK, J. D., "Constructivismo humano: Un consenso emergente. Versión castellana de Joaquín Martínez Torregrosa en: Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 1988.

NOVAK, J. y GOWIN, B., "Concept Mapping for Meaningful Learning", en: Learning How to Learn. Cambridge, Cambridge University Press, 1986a.

....., La «V» heurística para la comprensión y producción del conocimiento", en: Learning How to Learn. Cambridge, Cambridge University Press, 1986b.

PERKINS, D. The Mind's Best Work Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1981.

POPPER, K., La lógica de la investigación científica, trad. Víctor Sánchez Zabala, Madrid, Editorial Tecnós, 1967.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, Constitución Política de Colombia, Bogotá, Impreandes, S.A., 1991.

QUIJANO, P., "El metarrelato, una herramienta para la imaginación", en: Alegría de enseñar N° 32, 1997.

STEVEN, W., The First Three Minutes. A Modern view of the origin of the Universe. Boston, Basic Books Publishers, 1988.

VASCO, C. E., Reflexiones sobre pedagogía y didáctica, Ministerio de Educación Nacional, Serie Pedagogía y Currículo No. 4, Bogotá, 1990.

....., "Epistemología piagetiana y enseñanza de las ciencias". Conferencia presentada en el Homenaje Latinoamericano por el Centenario del Nacimiento de Jean Piaget que tuvo lugar en Ciudad de México en el Cinvestav, 1996.

....., "El enfoque de sistemas en el nuevo programa de matemáticas", en: Un nuevo enfoque para la didáctica de las matemáticas, Vol. II, Bogotá, Ministerio de Educación Nacional, Serie Pedagogía y Currículo, 1994.

VASCO, C. E. y otros, Colombia al filo de la oportunidad. Informe conjunto de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, Bogotá, Imprenta Ministerio de Educación Nacional, 1994.

....., "La teoría general de procesos y sistemas: una propuesta semiológica, ontológica y gnoseológica para la ciencia, la educación y el desarrollo", en: Misión Ciencia Educación y Desarrollo - Informes de Comisionados. tomo 2, Bogotá: Consejería Presidencial para el Desarrollo Institucional - Colciencias, 1995, pág. 647.

....., La integración: una metodología fundamental en la construcción comprensiva de los conocimientos, Bogotá, Cinep, documento en prensa, 1998.

YGOTSKY, L. S., Pensamiento y lenguaje, Buenos Aires, Editorial la Pléyade, 1991.

....., El desarrollo de los procesos psicológicos superiores, Barcelona, Crítica, 1989.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

AEBLI, H., Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget, Buenos Aires, Editorial Kapeluz, 1958.

Academia Americana de Pediatría, Salud escolar. Una guía para profesionales de la salud. Clasificación de la National Library of Medicine, traducción del médico Lorenzo Casas Morales, Santafé de Bogotá, Academia Americana de Pediatría, 1983.

ÁNGEL, A., Hacia una sociedad ambiental, Santafé de Bogotá, Ed. El Labrador, 1990.

....., "La trama de la vida. Las bases ecológicas del pensamiento ambiental", Cuadernos ambientales. Serie ecosistema y cultura, Bogotá, MEN/IDEA UN, Témpera impresores, 1993.

....., "La Tierra Herida". Las transformaciones tecnológicas del Ecosistema, Serie documentos especiales, Bogotá, MEN/IDEA UN. MEN, 1995.

ARCA, M.; GUIDONI P. y MAZZOLI P., Enseñar ciencia. Cómo empezar: Reflexiones para una educación científica de base, Barcelona, Paidós, 1990.

ASIMOV, I., Breve historia de la biología, Buenos Aires, Editorial Universitaria, 1966.

BAARS, B., The Cognitive DB; Learning how to Learn, New York, Cambridge University Press, 1988.

BACHELARD, G., La formación del espíritu científico, Madrid, Siglo XXI editores, 1993.

CAÑAL DE LEON, P. y otros, Proyecto curricular. Investigación y renovación escolar (IRES), grupo de investigación en la escuela, Díada Editores, 1991.

CARRETERO M. y MARTIN E., "Las operaciones concretas", en: Psicología Evolutiva, Desarrollo Cognitivo y Social del Niño, Vol. 2, Madrid, Alianza, 1984.

CARRETERO M., "El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: Las operaciones formales", en Psicología evolutiva, adolescencia, madurez y senectud, Vol. 3, Madrid, Alianza, 1985.

CARRIZOSA, U. Julio, La política ambiental en Colombia. Desarrollo Sostenible y Democratización, Bogotá, Cerec, Serie ecológica N°2, 1992.

CASE, R., "Potential Contributions of Research in the Piagetian Tradition to the Planning of Curriculum and Instruction", en: M. Carretero y otros (Eds.) Learning and Instruction, Oxford, Pergamon Press, 1991.

Colciencias - BID, Perfil ambiental de Colombia, Bogotá, Ed. Escala, 1989.

COLOMBIA, Informe nacional para CNUMAD, Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, publicación de la Comisión Nacional Preparatoria de CNUMAD, 1992.

Comisión Mundial del Medio y el Desarrollo, Nuestro futuro común, Madrid, Alianza Editorial, 1988.

Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, Nuestra propia agenda, Banco Interamericano de Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1990.

Convenio Andrés Bello, Ecología y medio ambiente, Bogotá, Zafiro Ltda. Editores Publicistas, 1985.

DNP-Colcultura, La política cultural. Nueva orientación de una política cultural para Colombia, Documento DNP-2475, UDS-Colcultura, 1990.

DUCONGE, J. y ALVAREZ DE Z., C., El cuadro físico del mundo y su papel en la enseñanza de la física como uno de los componentes en la formación de la concepción científica del mundo en nuestros estudiantes, en: Ciencias Pedagógicas, La Habana, Año III, Nos.4, 2, enero-junio, 1989.

ESTEVEZ, T., La educación ambiental y la hipótesis de Gaia. Serie documentos especiales MEN, Bogotá, MEN, 1995.

FIGUEREDO, E. y GARCIA L. E., Hacia una metodología para la adecuación del currículo al medio local, Bogotá, ed. mimeografiada, 1985.

FIGUEREDO, E. y URREGO, C., Prácticas agroecológicas, Bogotá, Fondo FEN Colombia, 1994.

## Ministerio de Educación Nacional

Fundación FES - Ministerio de Educación Nacional, Pedagogía de los valores ciudadanos. Programa Alegría de Enseñar, Santafé de Bogotá, 1992.

GARRETT, R.M., Issues in Science Education: problem-solving. Creativity and Originality, en: International Journal of Science Education, vol 9, 1987.

GARRETT, R. M. y ROBERTS, Y. F., Demonstration Vs Small Group Practical Work Science Education, a critical review of studies science, studies in science education, 1990.

GEYMONAT, L., El pensamiento científico, Buenos Aires, Editorial Universitaria, 1980.

GIL PÉREZ, D., "Metodología científica y enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas", en: Enseñanza de las ciencias, Vol. 4, Nº 2, 1986.

GIORDAN, A. y DE VECCHI, G., Los orígenes del saber: De las concepciones personales a los conceptos científicos, Sevilla, Diada Editoras, 1985.

GUIDONI, P. y ARCA, M., "Enseñanza de la física y la biología", Seminario, Universidad Pedagógica Nacional, Santafé de Bogotá, 1986.

Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo - IDEADE, Ambiente y desarrollo, Bogotá, Universidad Javeriana, 1993.

KHUN, T., Estructuras de las revoluciones científicas, México, Fondo de Cultura Económica, 1984.

LAKATOS, I., La metodología de los programas de investigación científica, Madrid, Alianza Editorial, 1983.

LLORENS, J. A., Comenzando a aprender química. Ideas para el desarrollo curricular, Vol. XXVI, Valencia, Colección Aprendizaje Visor, 1992.

LUGO, H., La educación ambiental como alternativa pedagógica, Serie documentos especiales MEN, Bogotá, MEN, 1995.

MEN-DNP-FONADE, Colombia, programa de desarrollo científico y tecnológico, Misión de Ciencia y Tecnología. Santafé de Bogotá, Talleres gráficos de la Empresa Editorial, Universidad Nacional de Colombia, 1990.

Ministerio de Educación Nacional, Informe nacional del proyecto principal de educación para y América Latina y El Caribe, 1982-1986, Bogotá, 1987.

...../OEI, Conclusiones encuentro ibero americano de la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas, Santafé de Bogotá, 1991.

....., Criterios para un programa de educación ambiental, Dirección General de Capacitación, Programa de Educación Ambiental, Bogotá, 1992.

....., Elementos para la inclusión de la dimensión ambiental en la escuela colombiana, Programa de Educación Ambiental, Bogotá, 1991.

..... /FES, La dimensión ambiental y la escuela, memorias seminario internacional, Serie documentos especiales MEN, Bogotá, MEN, 1994.

....., Formación de dinamizadores en educación ambiental, memorias segundo encuentro internacional, Santafé de Bogotá, MEN, 1996.

Ministerio del Medio Ambiente, Investigación en educación ambiental - Inderena, Edicundi, Bogotá, 1994.

MOREIRA, M. A., O V epistemológico de Gowin como recurso instruccional. Trabajo presentado en el II Congreso Internacional sobre la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, Santiago de Compostela, España, 1989.



## Ministerio de Educación Nacional

....., Mapas conceptuales. Trabajo presentado en el II Congreso Internacional sobre la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, Valencia, España, 1987.

MORRISON, P. and MORRISON, P., Potencias de diez, Barcelona, Prensa Científica, S.A., 1984.

Nuffield Foundation, La vida y los procesos vitales, Barcelona, Ediciones Omega S.A.

PEÑA B. Margarita, Educación en ciencia, tecnología y sociedad: Teoría y práctica, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, 1990.

PIAGET, J., La construcción de lo real en el niño, Buenos Aires, Editorial Proteo, 1968.

....., El nacimiento de la inteligencia en el niño, Colección Psicología y Educación, Madrid, Aguilar, 1969.

POPPER, K. R., Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico, Buenos Aires, Editorial Paidós, 1969.

....., La lógica de la investigación científica, Madrid, Editorial Tecnos, 1973.

....., Búsqueda sin término, Madrid, Editorial Tecnos, 1977.

POZO, J. I. y CARRETERO, M., Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la Enseñanza de la Ciencia? Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid.

RAMÍREZ, N., Metodología de la enseñanza de la química, Santafé de Bogotá, Fondo de Publicaciones Universidad Distrital, 1991.

RUIZ, V. M. y BURBANO, P., Una propuesta curricular para la enseñanza de la física, Santafé de Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 1987.

SHAYER, N. y ADEY, D., (1984) La ciencia de enseñar ciencias, Madrid, Ediciones Madrid, 1984.

SIERRA B. y CARRETERO M., "Aprendizaje, memoria y procesamiento de la información: La psicología cognitiva de la instrucción", en: COLL, PALACIOS y MARCHESI, Desarrollo psicológico y educación, Madrid, Alianza Editorial, 1990.

SOLIS VILLA, R., "Ideas intuitivas y el aprendizaje de las ciencias", en: Enseñanza de las ciencias, Vol. 2, Nº 3, 1984.

TRÉLLEZ, E., El método de problemas de la enseñanza de la física, Santafé de Bogotá, ICFES, 1983.

UNESCO, Nuevas tendencias en la enseñanza de la biología, Oficina regional de ciencia y tecnología para América Latina y El Caribe, Montevideo, 1987.

....., /PNUMA, Enfoque interdisciplinar en la educación ambiental, España, Librograf, 1994.

VASCO M. E., Los valores implícitos en los libros de texto, Colegio Cafam, Bogotá, 1993.

WALLACE, W., Causality and Scientific Explanation, Vol. 1, University Press of America, 1981

---