

Colección: Ciencias sociales y humanas



# **La clase multimodal**

**Formación y evolución de conceptos  
científicos a través del uso de  
tecnologías de la información y la  
comunicación**



# **La clase multimodal**

**Formación y evolución de conceptos  
científicos a través del uso de  
tecnologías de la información y la  
comunicación**

Óscar Eugenio Tamayo Alzate  
Carlos Eduardo Vasco Uribe  
María Mercedes Suárez de la Torre  
Carmen Herminia Quiceno Valencia  
Ligia Inés García Castro  
Adriana María Giraldo Osorio

Grupos de investigación:

Cognición y educación  
Actores, escenarios y procesos del desarrollo  
Humano integral de la niñez y la juventud

Colciencias, proyecto número 1219–11–17061  
Universidades

Autores:           © Óscar Eugenio Tamayo Alzate  
                      © Carlos Eduardo Vasco Uribe  
                      © María Mercedes Suárez de la Torre  
                      © Carmen Herminia Quiceno Valencia  
                      © Ligia Inés García Castro  
                      © Adriana María Giraldo Osorio

Editor:             Darío Ángel

Diseño y diagramación:

© Universidad Autónoma de Manizales

Antigua estación del ferrocarril

Tel. (57) (6) 8727272

Manizales, septiembre de 2010

ISBN:

Registro legal realizado

Impresión:

# Contenido

Prólogo .....	11
Introducción .....	11
Primera parte .....	15
Conceptos de ciencia, enseñanza y aprendizaje de los profesores.....	17
Pensamiento de los profesores acerca de la ciencia.....	18
¿Qué entienden los profesores por ciencia? .....	18
La ciencia y el método científico .....	20
La ciencia como descubrimiento.....	23
La ciencia como construcción .....	24
Características de un científico .....	25
Características del científico .....	25
Características de los procesos de investigación .....	29
Capítulo 2.....	34
Definición de aprendizaje.....	34
Tipos de aprendizaje.....	37
Características del aprendizaje .....	41
Capítulo 3.....	45
Papel del profesor.....	45
Características de un buen docente.....	52
Propósitos para la enseñanza de las ciencias .....	56
¿Qué entienden por enseñanza y cómo enseñan los profesores? .....	64
Aspectos que hay que tener en cuenta al enseñar.....	77
Características del proceso enseñanza–aprendizaje.....	91
Multimodalidad en el aula.....	96
Aprendizaje como evolución de conceptos.....	100
Ambientes de aprendizaje y nTIC.....	102
Introducción .....	105
Marco conceptual.....	106
Componentes que integran el modelo de la unidad didáctica .....	109
2.1.1. Ideas previas.....	109
Metacognición .....	117
2.1.5. Evolución conceptual.....	120
Metodología .....	122
Análisis y resultados.....	124

Análisis de ideas previas.....	124
Criterios para la elaboración de estrategias de ideas previas .....	124
Aspectos metodológicos para la elaboración del instrumento .....	125
Análisis de la epistemología e historia de los conceptos.....	129
Aspectos metodológicos para el estudio de la epistemología e historia de los conceptos seleccionados .....	129
Integración de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) y los múltiples lenguajes en el desarrollo de la unidad didáctica ...	132
Integración de la reflexión Metacognitiva en el desarrollo de la unidad didáctica .....	135
Aspectos metodológicos para las actividades de reflexión Metacognitiva .....	136
Generación espontánea.....	143
Creación.....	144
La migración .....	144
Teoría de la evolución .....	144
Aspectos metacognitivos .....	145
Evolución celular .....	145
Teoría endosimbiótica.....	147
El ciclo celular eucariota.....	150
ADN y cromosomas: .....	152
Cariotipo humano.....	155
En resumen, el Ciclo Celular Eucariota engloba las siguientes secuencias .....	155
Galería de imágenes .....	163
Créditos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Origen de la vida y de la célula.....	168
Descubrimiento de la célula .....	186
La célula como unidad estructural y funcional.....	193
Actividad individual (documento del profesor).....	200
Orientaciones generales .....	203
ACTIVIDAD INDIVIDUAL (Guía para el estudiante) .....	207
Actividad en grupos (Máximo 5 estudiantes) .....	209
Actividad de Grupo (Ejercicio de clase).....	211
A.Tomen una hoja tamaño carta, doblen la hoja en 4 partes iguales. Busquen diferentes formas de doblar la hoja para obtener las partes pedidas y al final de la experimentación respondan las siguientes preguntas: .....	217
Otras Referencias .....	248
Imágenes:.....	249
Música:.....	249



Animaciones: .....	249
Descripción del proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Marco teórico .....	¡Error! Marcador no definido.
Ambientes de aprendizaje y nuevas tecnologías de información y comunicación.....	¡Error! Marcador no definido.
Multimodalidad en el aula.....	¡Error! Marcador no definido.
Aprendizaje como evolución de conceptos	¡Error! Marcador no definido.
Metodología .....	¡Error! Marcador no definido.
Referencias .....	¡Error! Marcador no definido.
Representaciones en el aprendizaje de las ciencias	¡Error! Marcador no definido.
¿Variación o cambio conceptual?: El caso del concepto de <i>Discapacidad</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
1. Introducción.....	¡Error! Marcador no definido.
2. Objetivo .....	¡Error! Marcador no definido.
3. Marco teórico .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Cambio conceptual.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1. Cambio intrateórico .....	¡Error! Marcador no definido.
Variación conceptual.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. El concepto de discapacidad .....	¡Error! Marcador no definido.
4. Metodología.....	¡Error! Marcador no definido.
5. Análisis de los datos .....	¡Error! Marcador no definido.
5.1. Cambio intrateórico .....	¡Error! Marcador no definido.
6. Conclusiones .....	¡Error! Marcador no definido.
7. Referencias bibliográficas .....	¡Error! Marcador no definido.
Resumen: .....	¡Error! Marcador no definido.
Cuerpo del trabajo .....	¡Error! Marcador no definido.
3. Referencias Bibliográficas.....	¡Error! Marcador no definido.
4. Bibliografía General.....	¡Error! Marcador no definido.
Seminario–Taller Metacognición en la Enseñanza y Aprendizaje de la ciencia .....	¡Error! Marcador no definido.
Introducción .....	¡Error! Marcador no definido.
Metodología del seminario–taller. ....	¡Error! Marcador no definido.
Bibliografía: .....	¡Error! Marcador no definido.
Grupo de investigación Cognición y Educación	¡Error! Marcador no definido.
Función comunicativa del lenguaje. ....	¡Error! Marcador no definido.
Elaboración de significados en las clases de ciencias	¡Error! Marcador no definido.

El lenguaje como regulador del pensamiento; **Error! Marcador no definido.**

El lenguaje y la construcción de conceptos científicos; **Error! Marcador no definido.**

Función reguladora del lenguaje en la construcción de los conceptos científicos .....; **Error! Marcador no definido.**

Referencias .....; **Error! Marcador no definido.**

Referencias .....; **Error! Marcador no definido.**

Metodología del seminario–taller .....; **Error! Marcador no definido.**

Diplomado en Epistemologías evolucionistas; **Error! Marcador no definido.**

Introducción .....; **Error! Marcador no definido.**

Principales obras en relación con el tema. ; **Error! Marcador no definido.**

Ideas principales o argumentos centrales..; **Error! Marcador no definido.**

Principales contradicciones o tensiones con pares; **Error! Marcador no definido.**

Aporte esencial a la epistemología evolucionista; **Error! Marcador no definido.**

Metodología del seminario–taller .....; **Error! Marcador no definido.**

## Prólogo

Aun sosteniéndolo con ambas manos sobre una pared y abriéndolo completamente, este libro sobre enseñar y aprender multimodalmente las ciencias naturales y las matemáticas, que el lector o lectora tiene en sus manos, es apenas una pequeña ventana de pocos centímetros cuadrados que le permite vislumbrar desde lejos algunos fragmentos de un atractivo paisaje interminable, con sus extensos bosques, ríos, profundos valles y altas montañas que se van perdiendo más y más allá hacia el horizonte.

Como todo buen proyecto de investigación, el largo y arduo trabajo que llevó a escribir este libro comenzó con unos propósitos tan ambiciosos, que sólo el deseo irrefrenable de explorar esos extensos valles y montañas del enseñar y el aprender ciencias naturales y matemáticas en forma multimodal podía ocultar la imposibilidad de realizarlos. Menos mal los autores no se desanimaron por esa imposibilidad y no quedaron paralizados antes de emprender el viaje, pues ellos mismos no habrían vivido esas impactantes experiencias de exploración, no habrían admirado la profusa vegetación de los bosques, el ímpetu de los ríos, el escarpado de las rocas, la profundidad de las lagunas y las tinieblas de las cavernas del abigarrado paisaje, y nosotros tampoco habríamos disfrutado de los interesantes relatos de viajeros que consignaron en este libro.

Una vez se decidieron a emprender ese imposible viaje, los pequeños grupos de exploradores, tanto asesores como maestros y maestras, unos de ciencias naturales y otros de matemáticas, empezaron a transitar por los caminos que les marcaba el mapa inicial trazado en el proyecto.

En la primera etapa de ese viaje, se trataba de explorar el paisaje cercano, aparentemente ya conocido, para comprender un poco mejor lo que cada grupo entendía por hacer ciencias y matemáticas, por ser docente de ellas, por enseñarlas y por aprenderlas. Este era un viaje interior en el que —más que de seguir el primer mapa del proyecto trazado por los investigadores principales— se trataba de elaborar una cartografía aproximada de los propios caminos del cerebro y el corazón de los exploradores.

En la segunda etapa, se les proponía adentrarse en un tupido bosque, del cual los exploradores de cada grupo tenían que recolectar distintas ramas, troncos y lia-

nas, prepararlos y combinarlos para construir una frágil e improvisada balsa y lanzarse en ella a atravesar un río, sin saber si lograrían llegar al otro lado. Abandonar la marcha por terreno firme, por dura que sea, y atreverse a emplear nuevas prácticas y múltiples medios y modalidades para navegar por las traicioneras aguas de la siempre difícil e impredecible tarea de enseñar es un desafío muy retador para los maestros y maestras que creemos tener ya dominado el material que vamos a enseñar, sabido el texto que utilizamos y memorizados los discursos y los trucos didácticos a los que estamos acostumbrados.

Una vez que los grupos de exploradores aprendieran a construir y navegar las balsas, la tercera etapa planteada en el proyecto era la de seguir explorando más bosques, construyendo más balsas y atravesando más ríos, con el propósito de recorrer el largo y tortuoso camino de enseñar a los estudiantes todo el programa de un grado escolar y de poder documentar las ventajas y desventajas de las improvisadas balsas para que ellos aprendieran más y mejor, a la vez que los exploradores aprendían más y mejor el arte de construir sus balsas multimodales y de acompañar a sus estudiantes en sus propias exploraciones por los bosques y los ríos de las ciencias naturales y las matemáticas.

Como era de temerse, apenas terminada la segunda etapa, el tiempo del proyecto se agotó y los recursos para continuar no pudieron conseguirse. Afortunadamente para nosotros, mientras se reorganizaban los planes y se buscaba la financiación para continuar la expedición, nuestros osados exploradores tuvieron que detenerse un tiempo para narrarnos las aventuras de las dos primeras etapas, con la esperanza de que quienes leyéramos este libro los animáramos a seguir en el empeño, y de que los respectivos colegios, universidades e instituciones financiadoras les facilitaran los tiempos y los recursos para continuar con la tercera etapa. Esa futura etapa será seguramente más larga y difícil que las dos primeras, pero también promete ser socialmente más productiva en el sentido de desarrollar y comunicar mejores prácticas multimodales de enseñar y de aprender que nos inspiren a los demás maestros y maestras de ciencias naturales y matemáticas para perfeccionar las nuestras.

Estoy seguro de que los relatos de los viajeros que recorrieron estas dos etapas ya realizadas atraerán la atención y la curiosidad de los lectores y lectoras y los incitarán a explorar por cuenta propia los bosques, ríos, profundos valles y altas montañas de la enseñanza multimodal de las ciencias naturales y las matemáticas que se vislumbran a través de esta estrecha ventana hacia el paisaje interminable.

Carlos Eduardo Vasco Uribe

Bogotá, primero de junio de dosmildiez.

## Introducción

Este libro reúne tres campos de interés para la educación actual: la inclusión de nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los procesos didácticos, la evolución de los conceptos científicos en el aula de ciencias y, los múltiples lenguajes empleados en los procesos de enseñanza–aprendizaje. La integración de estos campos permitirá lograr aprendizajes significativos y una mejor comprensión de las múltiples relaciones entre los procesos de la enseñanza–aprendizaje, a través de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. El énfasis del empleo de las TIC se centra en la inclusión de diseños de ambientes de aprendizaje que propicien la construcción de diferentes sistemas de representación de los conceptos enseñados. En cuanto a la evolución de estos conceptos enseñados en la clase de ciencias naturales, el interés radica en identificar la función de los diferentes lenguajes empleados en el proceso de enseñanza–aprendizaje para la adquisición de los conceptos científicos enseñados. Respecto a la perspectiva multimodal en la enseñanza, el foco de interés es el reconocimiento de la mejor calidad del aprendizaje de los conceptos científicos cuando en éste participan diferentes lenguajes, en hecho contrario al empleo tradicional del lenguaje oral–escrito que históricamente ha predominado en la educación.

El libro comprende tres partes: la primera busca identificar el concepto que tienen los docentes que participaron en la investigación de la imagen de ciencia, de aprendizaje y de enseñanza. La segunda analiza el concepto de multimodalidad en el aula, y precisa los principales aportes conceptuales en la investigación, se muestra además la función metodológica del concepto de la multimodalidad en el aula. En la tercera parte, se presentan los principales resultados de la investigación derivados de la aplicación de las unidades didácticas. Aquí, aparecen los diseños de las unidades didácticas elaborados por los grupos de profesores para los conceptos del origen de la vida y la célula y el diseño de la unidad didáctica para enseñar los conceptos matemáticos. Por último, se exponen las principales conclusiones del estudio, tanto teóricas como metodológicas del proceso de investigación.



## **Primera parte**

### **Imagen de ciencia, enseñanza y aprendizaje en los docentes**





## **Conceptos de ciencia, enseñanza y aprendizaje de los profesores**

Óscar Eugenio Tamayo

**E**l estudio de la evolución de los conceptos científicos en el aula de clase es, sin lugar a dudas, uno de los aspectos centrales que más llama la atención en la enseñanza de las ciencias. En esta línea de pensamiento, son múltiples los factores que inciden en la calidad de los conceptos aprendidos por los estudiantes, que señalamos porque orientan el desarrollo teórico, base de este documento de investigación. En primer lugar, nos referimos a la necesidad de avanzar en el conocimiento acerca del pensamiento de los profesores. Esto constituye un campo de investigación interesante porque permite identificar las diferentes perspectivas teóricas y metodológicas de los profesores al enseñar, para lograr una mejor comprensión de los procesos de pensamiento y acción de los maestros que pueda orientar la identificación de algunas formas de acción y reflexión significativas en los procesos de enseñanza–aprendizaje.

Dedicamos esta primera parte del documento a explorar los conceptos de los profesores de ciencias respecto de la ciencia y la enseñanza–aprendizaje de ésta. Para ello, examinamos detalladamente la manera de pensar de los profesores con respecto a estas tres categorías analizadas cualitativamente. Vale aclarar que este enfoque de las ciencias, llamado epistemología docente, lo hicimos en el marco de un proceso de formación de los profesores que concluyó con el diseño de unidades didácticas desde la perspectiva multimodal.

En la segunda parte del documento, privilegiamos la elaboración de las unidades didácticas para la enseñanza de conceptos de biología y matemáticas. En esta parte teórica, orientadora específica de los diferentes desarrollos prácticos, relacionados con la importancia de las ideas previas en los procesos de enseñanza–aprendizaje, le incorporamos la reflexión metacognitiva y la historia y la epistemología de los conceptos estudiados al diseño de am-

bientes educativos. Otros dos aspectos centrales en el diseño de las unidades didácticas son la perspectiva diacrónica de aprendizaje asumida a través de la experiencia profesional y, la inclusión de TIC en el diseño de la unidad didáctica y su aplicación en el aula. Como resultado importante del proceso que llevó al diseño de las diferentes unidades didácticas en esta parte del texto, aparece la recreación de los diferentes momentos vividos por los profesores en la elaboración de las unidades didácticas.

En la tercera parte de la investigación destacamos los resultados de la aplicación de las unidades didácticas. Inicialmente, presentamos una versión de los conceptos origen de la vida, de la célula y el número racional; luego analizamos la información recogida durante el proceso de aplicación de dichas unidades didácticas empleadas en el proceso de enseñanza.

### **Pensamiento de los profesores acerca de la ciencia**

Se desarrollan aquí, de manera específica, aspectos relacionados con los conceptos de los profesores participantes en la investigación acerca de ciencia, enseñanza y aprendizaje. El análisis se hace desde perspectivas cualitativas y cuantitativas. En este segundo análisis, nos referimos permanentemente a redes semióticas construidas a partir de la información dada por los profesores. Se tratará de buscar la complementariedad entre estos dos tipos de análisis.

#### ***¿Qué entienden los profesores por ciencia?***

Las respuestas de los profesores artífices de la investigación se agrupan en las siguientes categorías:

- ✓ Las que articulan la ciencia y el método científico,
- ✓ las que conciben la ciencia como construcción
- ✓ las que la consideran como descubrimiento.

Otras respuestas de los profesores caracterizan la ciencia como tal y otras definiciones científicas se refieren a ella como un conocimiento o como competencia. Nos referiremos detalladamente a cada una de estas categorías de análisis y nos apoyaremos en las figuras 1.1 y 1.2.

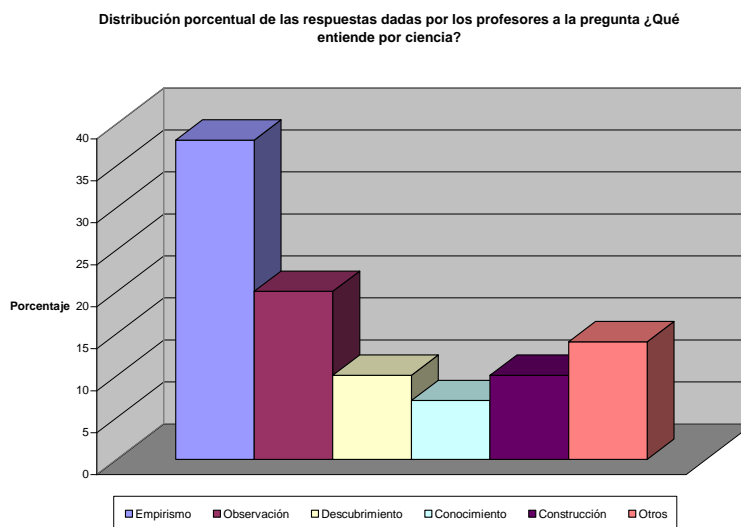
Al total de respuestas dadas por los profesores a la pregunta ¿Qué entiende por ciencia? 38% de las respuestas de los profesores (figura 1.1), se refieren a posturas empiristas del concepto de ciencia que los profesores expresan así:

3.23<sup>1</sup> “Es todo lo que impacta los sentidos que permite a nuestro cerebro producir o grabar conceptos nuevos”.

3.24 “Las ciencias naturales se aprenden a través de la observación, el análisis, la investigación y la experimentación”.

3.21 “Es el proceso por el cual se puede llegar a un conocimiento por medio de la experiencia propia”.

**Figura 1.1: Conceptos de los profesores acerca de la ciencia**



Lo anterior está reforzado por la amplia aceptación del papel de la observación en el proceso de la construcción del conocimiento. Del total de expresiones de los profesores en relación con la comprensión de la ciencia, 20% de las respuestas destacan el papel de la observación como fase inicial de cualquier proceso de investigación. En ningún momento, los profesores señalan riesgos de la observación. Atribuir tanta importancia a la observación en la construcción del conocimiento científico puede llevar a tomar cierta

---

<sup>1</sup> La numeración aquí utilizada hace referencia al proceso de codificación empleado en la investigación; el primer número corresponde al instrumento empleado y, el segundo, al profesor participante de la investigación.

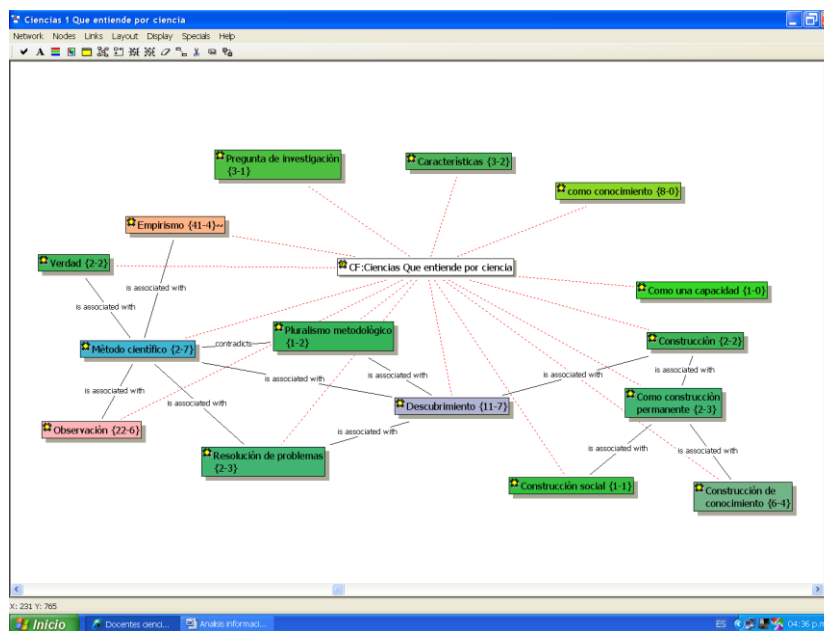
distancia del papel de la crítica en la construcción del mencionado conocimiento y, con esto, opacar el papel de la teoría en la etapa de la observación.

Acercarnos al conocimiento de los fenómenos a través de la observación también puede llevar a asumir cierta racionalidad simple frente al fenómeno observado, hecho que impide llegar a las *verdaderas* razones para construir explicaciones rigurosas del fenómeno estudiado. Desde la perspectiva del aprendizaje de las ciencias, privilegiar de manera exagerada la observación puede llevar a comprender superficialmente algunos aprendizajes y a cierres prematuros en procesos explicativos.

### La ciencia y el método científico

Haremos referencia aquí a los conceptos de ciencia de los profesores, y luego destacaremos los principales procesos descritos por ellos para construir el conocimiento científico.

**Figura 1.2: Red semántica en la cual se representan las principales categorías y subcategorías del pensamiento de los profesores acerca del concepto de ciencia**



Dentro de los conceptos expresados por los profesores encontramos los que destacan la importancia de la observación en la construcción del conocimiento científico, relacionados con posturas empíricas asumidas por algunos de ellos.

La ciencia es vista como:

1.1 "...el estudio objetivo, coherente, observable y verificable científicamente en cualquier campo sobre algún fenómeno natural o social"

1.6 "... el conjunto de conocimientos ordenados y clasificados una vez recolectados y analizados bajo la observación detenida de los diferentes fenómenos.

1.13 "... el conocimiento exacto sobre un tema determinado. Por ejemplo, las matemáticas son la ciencia de los números, es algo que puede medirse, cuantificarse, verificarse"

1.18 "... es el estudio de las verdades lógicas y no lógicas, reales y no reales pero existentes de todo lo que acontece a nuestro alrededor"

1.23 "Es todo lo que nos permite observar, explorar, percibir con los cinco sentidos, los fenómenos del medio y de nosotros como seres racionales"

1.24 "...estudia el conocimiento profundo de todo aquello que nos rodea, todo lo relacionado con la naturaleza

1.17 "...el estudio de todos los fenómenos del mundo que nos rodea, y que a través de diversos experimentos nos dan respuestas a las hipótesis que tenemos acerca de los mismos".

Las expresiones anteriores ilustran la representación del concepto de ciencia que tienen los profesores. El empleo de términos como *estudio objetivo, verificable, coherente, observable; los conocimientos ordenados y clasificados, el conocimiento exacto*, nos ubica en la concepción tradicional de ciencia, ampliamente discutida por diferentes autores (Mardones, 1991; Chalmers, 1997; Moulines, 1982).

En cuanto a los procesos descritos para la construcción de conocimiento científico, los profesores destacan la función de la observación y el análisis de problemas. Para ser investigador se requiere ser un buen observador, capaz de maravillarse ante los pequeños detalles y poner en juego todos los sentidos para lograr una real precisión de los objetos y hechos de la naturaleza. Para los profesores, la primera etapa de la construcción del conocimiento la constituye la observación de una situación, en la cual los sentidos juegan un papel central. Luego de las distintas acciones mediadas por lo sensorial-

empirista siguen los procesos de experimentación, análisis, validación de las teorías etc., como se nota en los siguientes apartes:

1.1. "...iniciando con la duda que hace que cualquier sujeto se interese por observar, escudriñar y experimentar para darse cuenta si la teoría es válida o no"

1.7 "...la observación detenida de un fenómeno, se recogen datos, se ordenan, se organizan, se analizan y se sacan conclusiones, se elabora la tesis y las hipótesis o suposiciones respectivas"

1.14 "...a través del registro continuo de lo percibido a través de los sentidos (práctico)

1.8 "...la observación e investigación, con una visión amplia del universo, nos induce a procesos de ensayo y error"

Estos distintos pasos describen conjuntamente de manera más o menos precisa lo que se ha llamado el método científico, caracterizado por Gortari (1970) a partir de las siguientes premisas:

- a) Verificación empírica, a través de la comprobación de los hechos para formular y resolver problemas.
- b) Experimentación controlada que define, mide y controla las variables del problema, para obtener soluciones científicas.
- c) Búsqueda de generalizaciones. La solución práctica de un problema es sólo un medio y no el fin del método científico.
- d) Apoyo en un conjunto de generalizaciones ya existentes para intentar crear un sistema teórico basado en los ya existentes.
- e) Desafío de los hechos como tales para encontrar causas, efectos y algo más.
- f) Objetividad o búsqueda de la verdad independientemente de la escala de valores y criterio personal del investigador.
- g) Relación entre teoría y método.
- h) Referencia a los hechos, a lo fáctico.

Para este autor, el método científico es general y por consiguiente se aplica en todas las ciencias, con sus características generales.

*"...En rigor, el método científico es único y sus diferencias parciales señalan simplemente otras tantas etapas de su desenvolvimiento, en recíproca acción con el progreso del conocimiento..."* Gortari (1979: 20). Las críticas hechas al método científico en la

segunda mitad del siglo pasado son amplias, de fondo y provenientes de múltiples campos del conocimiento. Por tal razón, no las detallaremos en esta discusión.

Desde otra perspectiva diferente de la del método científico, algunos profesores llaman la atención sobre la importancia de la investigación con diferentes enfoques. Sin embargo, no encontramos referencias específicas a los aspectos de orden epistemológico. En el mejor de los casos, se refieren a pluralismos metodológicos, dentro de los cuales se reconocen “...*diferentes métodos: científico – experimental, práctico, objetivo de acuerdo con la verdad que se quiere obtener*”(1.16), y *diversos métodos atendiendo la meta esperada o el área del conocimiento que se desea adquirir: teórico – práctico – inductivo – deductivo – experimental – analítico – reflexivo*”(1.18).

### **La ciencia como descubrimiento**

El 10% de los conceptos de los profesores acerca de la ciencia se refieren a la categoría *ciencia como descubrimiento*, (ver figura 1.1), con expresiones como:

1.25 “Es el arte de descubrir fenómenos y llegar al conocimiento de situaciones en todos los campos: científico, humano, social”

1.26 “Es el arte de descubrir y llegar al conocimiento profundo de ciertos fenómenos en todo campo a través de diferentes medios”

Los textos ilustran el empleo del concepto descubrimiento sin entrar en detalles teóricos o metodológicos. En tal sentido, y a manera de hipótesis de trabajo, los profesores asumirían que las realidades externas contienen las verdades que los científicos deben encontrar y descubrir. En otras palabras, los investigadores corren el velo que ocultan la realidad que investigan, es decir, descubren la realidad. Esta concepción de ciencia y de trabajo científico desconoce tal vez la función principal del científico en el proceso de conocer la realidad analizada: la creación de modelos que le permiten explicar y comprender el fenómeno estudiado.

Una adecuada definición de modelo la encontramos en el NCR.

Models are tentative schemas or structures that correspond to real objects, events or classes of events, and that have explanatory power. Models help scientists and engineers understand how things work. Models take many forms, including physical objects, plans, mental constructs, mathematical equations and computer simulations (NCR, 1996: 117).

A continuación mencionamos otras características de los modelos creados por científicos y técnicos:

- ✓ Son útiles para la comprensión de los fenómenos a los cuales se refieren.
- ✓ Son herramientas potentes para la enseñanza.
- ✓ Son representaciones externas compartidas por una comunidad científica o técnica determinada.
- ✓ Son representaciones simplificadas e idealizadas de objetos–fenómenos.
- ✓ Son precisos, incompletos y coherentes con el conocimiento científico aceptado.

### **La ciencia como construcción**

El 10% de las conceptualizaciones de los profesores en torno a la ciencia se ubica en la categoría *construcción de conocimiento*.

1.15 “Es construir conocimiento. El conocimiento se construye a través de una investigación profunda y extensa”

1.4 “El conocimiento se construye a partir de la experiencia, observación, interacción con otro sobre algo específico, planteamiento de preguntas y sus soluciones, luego construir de acuerdo a lo anterior su propio concepto”

1.5 “La ciencia es todo lo relacionado con el conocimiento, con todo lo que existe en los distintos campos, ciencia matemática, sociales, naturales, etc. Todo lo que me puede llevar más allá a descubrir a aprender diariamente de todo, el conocimiento científico se construye con base en la investigación...”

Estas conceptualizaciones nos sitúan en una perspectiva epistemológica diferente, o en un proceso de diferenciación, de las ya mencionadas. Si bien no encontramos textos que se refieran de manera clara y precisa a una perspectiva constructivista de la ciencia, si hay que reconocer que en los textos tomados como ejemplo los profesores apuntan a un proceso de construcción. Esta perspectiva constructivista se puede considerar como un hecho constante, que recoge la historia de los desarrollos anteriores, o como procesos centrados en los conceptos de los sujetos, según las expresiones siguientes:

1.13 “El conocimiento científico se construye a partir de la observación y el análisis de problemas..., entonces la ciencia es devenir ... es construcción permanente”.

1.13 “El conocimiento se construye a partir de los saberes colectivos que se van socializando y que generan dudas, conceptos, nociones”.



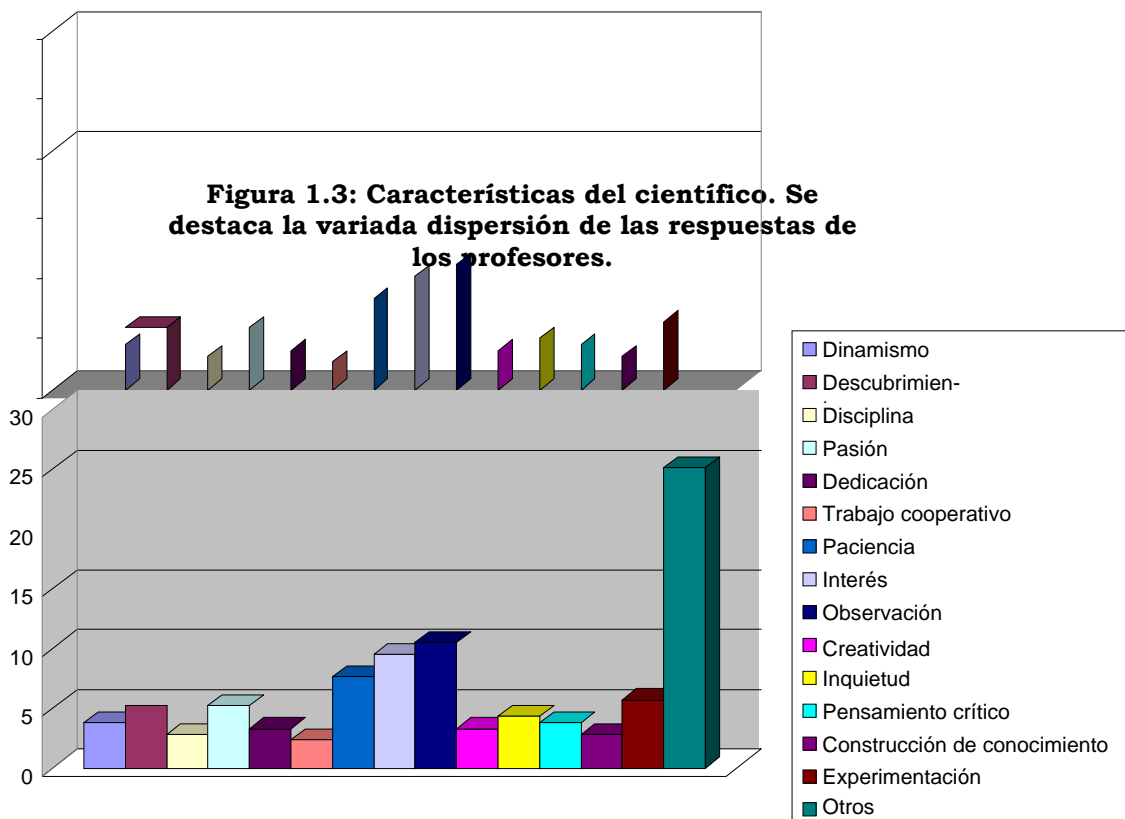
Con base en la información analizada, el modelo de ciencia de los profesores que participaron en la investigación tiene fuertes visos empiristas que se evidencian claramente en los diferentes supuestos teóricos en los que atribuyen gran importancia a la observación, la aprehensión de la realidad tal como se presenta a los órganos de los sentidos, reforzada con las descripciones de orden metodológico que confirman los procesos operativos que sigue la lógica del método científico.

### **Características de un científico**

Las respuestas de los profesores en esta categoría, cuyo propósito central es comprender y dar sentido a las diferentes ideas de lo que es un científico, se organizaron en dos subcategorías centrales: las características del científico y las de los procesos de investigación en los cuales participan. Nos referiremos a cada una de estas subcategorías.

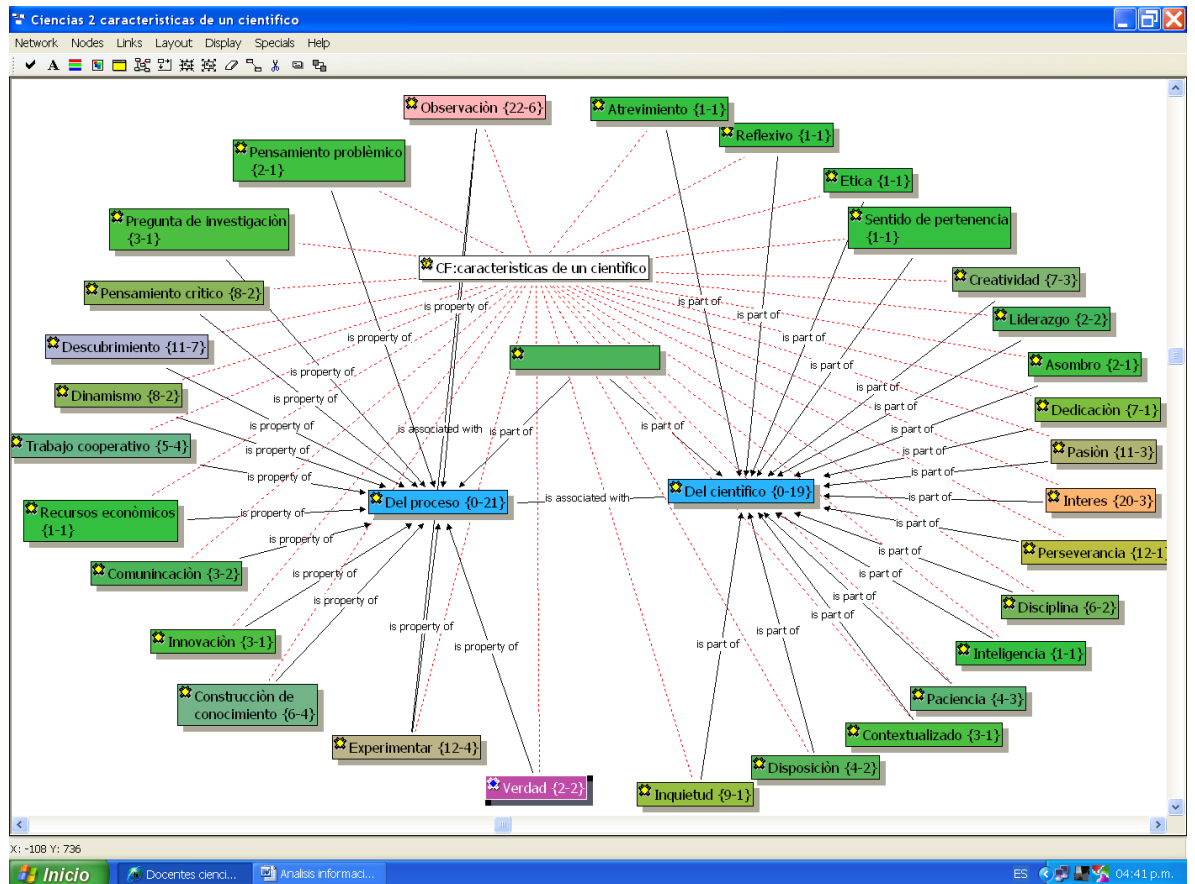
#### ***Características del científico***

Esta subcategoría se basa en todas las expresiones escritas por los profesores en relación con la imagen que tienen del científico. A continuación, se presenta un resumen de las categorías y número de expresiones en cada una de ellas, (figura 1.3).



Como se puede observar en la gráfica anterior, las principales características atribuidas por los profesores a los científicos son de carácter personal o individual e interpersonal. 38% de las respuestas de los profesores se centran en habilidades del sujeto, tales como la disciplina, la pasión, la dedicación, la paciencia, etc. Las respuestas sitúan el pensamiento de los maestros en una imagen de científico en la que se destacan las cualidades personales; las de trabajo en grupo y en redes, pasan al segundo plano (2,4 % gráfica). Si bien es claro que en la actualidad, y específicamente según el concepto de Naturaleza de la Ciencia (Mc Comas 1998, Bell y Lederman, 2003, Khalilck, 2005), no aparecen diferencias sustanciales entre el razonamiento científico y el cotidiano, sí conviene señalar el reconocimiento de la importancia que los profesores atribuyen a una de las características del trabajo científico (carácter personal) que más que inteligencia (en términos de CI) requiere dedicación, disciplina y perseverancia. Un detallado análisis de las respuestas de los profesores que caracterizan a un científico se basa en dos grandes subcategorías (ver figura 1.4): Caracterización de un científico y del proceso de investigación.

**Figura 1.4: Red semántica de las principales características que los profesores atribuyen a un científico**



En cuanto a las características de un científico, si bien las respuestas son múltiples (figura 1.4), cabe anotar el ya señalado énfasis en el sujeto. A continuación, se muestran algunos de los conceptos de los profesores en torno a las diferentes habilidades interpersonales destacadas por ellos.

Habilidad	Texto ilustrativo
-----------	-------------------

Habilidad	Texto ilustrativo
Creatividad	<p>2.2 Creativo y optimista: capaz de ver en cada situación una posibilidad de creación, que no decaiga ante pequeñas dificultades, que luche hasta alcanzar sus metas.</p> <p>2.26 Que sea creativa: que emplee todos los recursos posibles que se encuentren a su alcance.</p>
Liderazgo	<p>2.19 Tener capacidad de liderazgo, que le permita gestionar recursos y/o actividades extras (en educación sería conseguir con la universidad de la región u otras instituciones para vincularlos a la escuela.</p>
Asombro	<p>2.2 capaz de maravillarse con los pequeños detalles y que ponga en juego todos sus sentidos.</p> <p>2.23 Tener capacidad de asombro: quien no se impacta ante nada, no tendrá capacidad de análisis, ni detención ante ningún fenómeno.</p>
Dedicación	<p>2.24 Si la persona encuentra tropiezos en el camino, vuelve a comenzar buscando otro proceso a seguir sin desfallecer.</p>
Pasión	<p>2.23 Amar la naturaleza: tomada como un todo querer indagar sobre el medio, ser una persona pausada pero investigadora.</p> <p>2.24 Amor por lo que hace. Si hay este sentimiento en su trabajo todo va a resultar satisfactorio y muy beneficioso, por él como para aquel que lo rodea.</p>
Interés	<p>2.1 Mostrarse interesado, motivado y saber que el conocimiento es algo inacabado y que la teoría se reevalúa día a día, con nuevos descubrimientos y el avance de la ciencia.</p> <p>2.15 interés de saber cómo y por qué suceden las cosas, interés por descubrir y dar al mundo esos descubrimientos.</p>
Perseverancia	<p>2.18 Dedicación, esfuerzo y motivación permanente, características básicas para mantener en constante búsqueda de la verdad y del conocimiento sin desfallecer ante posibles obstáculos e inconvenientes que encuentre en su camino.</p> <p>2.3 Tenacidad. Hay que ser pertinaz, hay que tener paciencia, resistencia, persistencia.</p>

Habilidad	Texto ilustrativo
Disciplina	2.22 Disciplina que lo conduzca a ejecutar muchas y variadas experiencias con perseverancia y esfuerzo continuado.
Paciencia	2.20 Paciencia: para saber enfrentar los posibles errores de su proyecto.
Contextualización	2.18 Buen escucha y dado por entero a la comunidad en que se desenvuelve, solidario, humilde, comprensivo.
Disposición	2.3 Disponibilidad. Se requiere de tiempo, de espacio.
Inquietud	2.1 Ser inquieto por el saber y conocimiento de las cosas sus funciones y utilidad y beneficio o perjuicio para el hombre o el medio. 2.7 Debe ser inquieto, es decir, una persona que quiera saber sobre los diferentes campos de la ciencia, que experimente, que se atreva a hacer las cosas sin temores, pues si se equivoca, también aprendió algo que puede aportar.
Verdad	2.18 Observador, analítico y reflexivo de toda la realidad que lo rodea, ya que es allí donde se encuentra la lógica de sus posibles proposiciones o conjeturas conducentes a la verdad, del conocimiento científico.

Otras expresiones de los profesores aparecen de manera esporádica, sin embargo conviene mencionar a que se refieren. Por ejemplo, dentro de estas expresiones figuran la reflexión relacionada con la osadía, la ética, el sentido de pertinencia y la inteligencia, entre otras.

### **Características de los procesos de investigación**

Las características del proceso de investigación más frecuentes en las respuestas de los profesores fueron la observación, la experimentación, el descubrimiento, el pensamiento crítico y el dinamismo. A continuación, nos referiremos a cada una de estas características en el orden señalado, por cierto, muy cercanas a algunas de las discusiones dadas en páginas anteriores.

Respecto de la observación, logramos identificar, al menos, dos tendencias diferentes a las ya expuestas, en las respuestas de los profesores. Quienes consideran la observación equivalente a la contemplación y quienes ponen la

observación dentro de procesos cognitivos más exigentes como el planteamiento de preguntas, la emisión de juicios y la solución de problemas,

En cuanto a la observación como contemplación encontramos textos como los siguientes:

2.2 “Ser un buen observador, capaz de maravillarse con los pequeños detalles y que ponga en juego todos sus sentidos para una real precisión de los objetos y de los hechos de la naturaleza”

1.13 “Conocer el mundo con los sentidos. Ser un agudo observador para captar los detalles que conforman un todo. Oler el mundo, degustarle, tocarlo. En una palabra ser altamente sensible a lo que lo rodea”

Desde la perspectiva de la enseñanza–aprendizaje de las ciencias, la contemplación del mundo poco aporta a la construcción del conocimiento científico. Muchos de los conceptos de ciencias como la biología, la química y la física se deben enseñar y aprender con lógicas diferentes a las del sentido común, es decir, exigen tomar cierta distancia de la información que brindan los órganos de los sentidos. En esta línea de pensamiento, la observación se puede constituir en un importante obstáculo en el camino hacia el conocimiento científico. Ejemplos de lo anterior están extensamente referenciados en la literatura científica (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Giordan y de Vicchi G., 1995).

Quienes ubican la observación dentro de los procesos cognitivos más exigentes escriben textos como los siguientes:

2.9 Debe ser observador: estar pendiente de todos los cambios internos y externos que presenta la materia, para así poder emitir un juicio crítico.

2.22 Debe poseer un excelente sentido de la observación que lo lleve a inquietarse por determinados fenómenos.

5.3 Desarrollar la capacidad de observación. Porque ésta es una competencia importante en la vida. Quien observa, ve el detalle, quien ve, analiza el detalle, aprende y soluciona problemas.

En estas expresiones, es clara la ubicación de la observación en el marco de procesos como la emisión de juicios críticos, el análisis y la solución de problemas. En estos casos, a diferencia de los textos anteriores, la observación no es importante por sí misma, sino que hace parte de ciertos procesos de gran interés para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Poner la observación al servicio del análisis, del pensamiento crítico y de la solución de problemas es ubicarla en perspectiva teleológica. Vista así la observación, se reconoce la gran importancia de perfeccionar todos aquellos procesos, tanto

fisiológicos como culturales y sociales, que la hacen posible y, fijar claramente sus límites en el proceso de la construcción del conocimiento.

En cuanto a la experimentación, las conceptualizaciones de los profesores, provenientes del ámbito de las ciencias naturales, destacan la necesidad de realizar experimentos con los cuales se validarían o invalidarían las teorías.

2.13 Ensayar una y otra vez. Experimentar.

2.17 Que se base en una buena experimentación. Pues sin la investigación no se podría afirmar ninguna teoría.

2.21 El deseo de experimentar, de no quedarse en el solo concepto sino ir más allá, vivenciando aquello a lo cual se quiere llegar.

Si bien en el contexto de ciencias como la biología y la química, la experimentación ha sido fundamental para alcanzar los actuales desarrollos que la sustentan, hay que señalar la ausencia de reflexiones críticas de los profesores acerca del papel del experimento en la construcción del conocimiento. Al igual que en el caso de la observación como contemplación, en la experimentación como condición de verificación se destaca la importancia de la experimentación. No se considera, por ejemplo, la posibilidad de construir teorías sin recurrir al trabajo empírico, como lo demuestra la historia de las ciencias en los ámbitos de la física cósmica y la geología.

En cuanto al descubrimiento, no es fácil categorizar las conceptualizaciones de los profesores por la escasés de elementos comunes entre ellos. Por ejemplo, conceptualizaciones tan diferentes, como concebir el descubrimiento como arte, reconocer los preconceptos como esenciales en los nuevos descubrimientos y derivar el proceso de descubrimiento de un conjunto de pasos, característicos del método científico.

1.25 “Es el arte de descubrir fenómenos y llegar al conocimiento de situaciones en todos los campos: científico – humano – social”.

2.2 “Que se interese por profundizar los preconceptos existentes para tener bases sólidas en sus nuevos descubrimientos”.

6.13 “Fortalecer los procesos de observación, análisis, interpretación para llegar al descubrimiento”.

En cuanto al pensamiento crítico:

2.9 “Debe ser observador: estar pendiente de todos los cambios internos y externos que presenta la materia, para así poder emitir un juicio crítico y elaborar”.

2.15 “Un espíritu inquieto que lo lleve siempre a una búsqueda constante de conocimientos nuevos”.

2.18 “Observador, analítico y reflexivo de toda la realidad que lo rodea, ya que es allí donde se encuentra la lógica de sus posibles proposiciones o conjeturas conducentes a la verdad, del conocimiento científico”.

Otra de las características mencionadas por los profesores es el *dinamismo*. Encontramos dos tendencias en sus respuestas, la primera se refiere al *dinamismo* como característica del conocimiento científico, con afirmaciones como...

“...el conocimiento es algo inacabado y las teorías se reevalúan día a día, con nuevos descubrimientos y el avance de la ciencia”.

2.1 y “Ser una persona estudiosa y abierta al cambio, ya que diariamente la ciencia y la vida moderna están en constante evolución”.

2.19. La segunda, al considerar el dinamismo como una característica del investigador: “Innovador abierto a todos los cambios, que le guste modificar, que no sea estático”.

2.25. Ya en páginas anteriores hemos avanzado en la discusión de estas dos perspectivas.

El siguiente cuadro muestra otras subcategorías referidas al proceso de investigación, con algunos textos ilustrativos escritos por los profesores (SIC).

Proceso de investigación	Textos de los profesores
Pregunta de investigación	1.22 Así mismo todos estos ingredientes de control va produciendo el conocimiento científico, que pretende alcanzarse mediante una pregunta que genera inquietud y nos motiva para descubrirla. 2.8 Ser lector – investigador – muy observador, tener metas, tener una serie de preguntas: qué para qué, por qué, con quién, en donde. 2.23 Amar la naturaleza: tomada como un todo querer indagar sobre el medio.
Trabajo cooperativo	2.7 Debe compartir sus conocimientos y permitirles a otros que les aporten sus experiencias para que el producto de su trabajo llegue a todos los niveles sociales y culturales y sea para el bien de su comunidad. 2.9 Comunicativo: para poder interactuar su observación y su saber con otras personas que pueden aportar ideas muy importantes para complementar su investigación y darla a conocer de una manera eficaz. 2.13 Esto quiere decir que no se confíe de sus pareceres, sino que se abra al mundo de las posibilidades que ofrecen los otros y sus experiencias.
Comunicación	2.9 Comunicativo: para poder interactuar su observación y su saber



	<p>con otras personas que pueden aportar ideas muy importantes para complementar su investigación y darla a conocer de una manera eficaz.</p> <p>2.16 Se supone que el científico investiga para dar a conocer sus éxitos a la humanidad a la vez poder llegar a transmitir sus conocimientos.</p>
Innovación	<p>2.1 Ser recursivo e innovador para crear maneras diferentes de hacer las cosas, a lo mejor descubra nuevas cosas o mejora lo que se tiene, ayudándose de la tecnología o la informática y porque no de cosas sencillas.</p> <p>2.25 Innovador abierto a todos los cambios, que le guste modificar, que no sea estático.</p> <p>2.26 Innovadora: una persona abierta a los cambios y a las nuevas estrategias, para llegar al conocimiento más profundo de los fenómenos.</p>
Construc. de conocimiento	<p>2.14 Deseos de aprender cada día y darle continuidad a lo aprendido con anterioridad para ir construyendo conocimiento.</p>
Verdad	<p>1.4 Ciencia es el conocimiento de determinada área, la cual ha sido comprobada científicamente y se torna universal.</p> <p>2.18 Observador, analítico y reflexivo de toda la realidad que lo rodea, ya que es allí donde se encuentra la lógica de sus posibles proposiciones o conjeturas conducentes a la verdad, del conocimiento científico.</p>

## **Capítulo 2**

### **Pensamiento de los profesores acerca del aprendizaje de las ciencias**

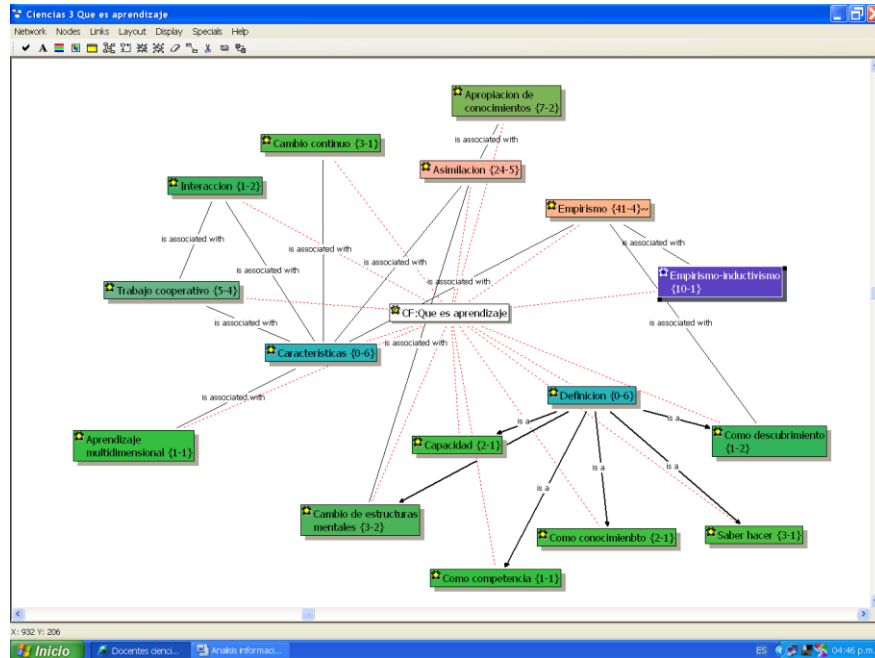
En cuanto al aprendizaje, el grupo de profesores que participó en la investigación considera tres grandes subcategorías: definición de aprendizaje, características de éste articuladas con los diferentes modelos o posturas epistemológicas de los profesores. Nos referiremos a la categoría central con las respectivas subcategorías mencionadas, figura 2.1.

#### **Definición de aprendizaje**

Los docentes definen el aprendizaje como una capacidad, un cambio de estructuras mentales, una competencia, un conocimiento, un saber hacer y un descubrimiento. Las expresiones que nos permitieron identificar estas definiciones de aprendizaje aparecen en el orden señalado.

Definición de aprendizaje	Textos de los profesores
Aprendizaje como capacidad	<p>3.1 “Es la capacidad que tiene los seres vivos y en particular los humanos de adaptarse al medio o acomodarlo a sus necesidades transformándolo para su beneficio y comodidad y asimilar conocimientos a través de sus experiencias cotidianas o estudios realizados”.</p> <p>3.2 “Capacidad para acceder al conocimiento”.</p>
Aprendizaje como cambio de estructuras mentales	<p>3.3 “Hay aprendizaje cuando hay cambio en las estructuras mentales del sujeto”.</p> <p>3.8 “Los aprendizajes tienen que ver con los procesos de asimilación y acomodación que se dan a nivel del desarrollo cognitivo en el ser humano”.</p> <p>3.8 “Desde los años iniciales el niño atraviesa etapas del desarrollo cognitivo que si son bien estimulados y se le permite explorar, manipular, construir, propiciará inclinaciones significativas en un futuro”.</p>
Aprendizaje como descubrimiento	<p>3.12 “Aprendizaje: Es el conocimiento que se tiene de todas las áreas, de los contenidos”.</p> <p>3.22 “Es toda forma de aprensión de conocimientos para lo cual es importante primero una buena disposición y un genuino interés”.</p> <p>3.13 “Aprendizaje es entender, es conocer algo de lo que nos rodea, de lo que nos interesa. Es conocer las causas y las consecuencias de algo. Es poder describir, analizar, interpretar hasta llegar al descubrimiento de un objeto de un ser, de un elemento, del mundo que nos rodea”.</p>
Aprendizaje como un saber hacer	<p>3.6 “Entiendo por aprendizaje como el saber hacer las cosas”.</p> <p>3.7 “El aprendizaje es la manera como nosotros ponemos en práctica nuestros conocimientos para mejorar nuestro diario vivir”.</p> <p>3.24 “El aprendizaje es saber y hacer”.</p>

**Figura 2.1: Red semántica que muestra las principales subcategorías del concepto aprendizaje.**



El aprendizaje es un acto permanente a partir del nacimiento y termina con la muerte (Amaya y Prado, 2003). Es una actividad cotidiana en los diferentes escenarios en los que nos desenvolvemos tales como la escuela, la familia y el trabajo entre muchos otros. De igual manera, se considera el aprendizaje como la adquisición de nuevos conocimientos, habilidades, destrezas y competencias. En el ámbito de la escuela, el aprendizaje no se circunscribe a la asimilación y repetición de ciertos conocimientos, se refiere, además, a la construcción de los sujetos como seres sociales, culturales, históricos e integrales.

Hablar de aprendizaje nos lleva a hacer referencia a un amplio conjunto de enfoques, teorías, conceptos y tipos de aprendizaje, por ejemplo, expresiones como comportamientos innatos, adquiridos, biológicos y psicológicos (Ribes-Iñesta 2005).

“Cuando se habla de comportamiento aprendido el uso se contrapone a aquel que designa al comportamiento que no es aprendido. A éste último se

le llama “innato” y se supone que, de una manera u otra, el comportamiento “ya está” en algún lugar del organismo para simplemente emerger o aparecer cuando sea necesario”.

En cuanto a la distinción entre comportamiento biológico y psicológico plantea este autor que:

“...El comportamiento biológico correspondería a las funciones y actividades del organismo que no cambian con la experiencia, mientras que el comportamiento psicológico correspondería a las funciones y actividades del organismo que cambian con la experiencia... Para atribuir a la experiencia un efecto en la función o actividad, hay que demostrar que ésta cambió como consecuencia de un tipo de relación o contacto particular entre el organismo y alguna propiedad o acontecimiento del ambiente. De aceptarse este razonamiento, podríamos afirmar, que todo el comportamiento psicológico es función de la experiencia, y que el aprendizaje se identifica a partir del cambio en las funciones y actividades del organismo particular en un ambiente particular”.

Si la distinción antes planteada puede ser útil en cuanto nos señala algunas diferencias entre comportamientos biológicos y psicológicos y su relación con el aprendizaje, conviene señalar la posibilidad de considerar que ciertos cambios en el comportamiento biológico se modifiquen con la experiencia, no en el desarrollo ontogenético del sujeto sino en su desarrollo filogenético, caso en el cual entramos a otro campo dinámico en la actualidad, referido, en términos generales, a la evolución de los procesos de aprendizaje.

Otros conceptos que llamaron la atención de investigadores en el campo del aprendizaje se refieren a los procesos. En tal sentido, encontramos en la literatura expresiones referidas al aprendizaje como adquisición, como asimilación, como cambio y como evolución (Ribes-Iñesta 2005, Tamayo 2001, Tamayo *et al.* 2006).

### **Tipos de aprendizaje**

Las respuestas dadas por los profesores se clasifican en las siguientes subcategorías: Asimilación/adquisición, Empirismo y Empirismo-inductivismo. Nos referiremos a cada uno de éstos.

Si bien podemos establecer diferencias importantes entre los procesos de asimilación (Ausubel, Novac y Hannesyan, 1989) y adquisición (Pozo, 2003), en el presente documento, preferimos no hacer tal distinción porque los profesores emplean estos conceptos como sinónimos, según los siguientes textos:

3.9 “Por aprendizaje entiendo la forma como el individuo adquiere un conocimiento y lo asimila, para así hacer transferencia de este conocimiento en la realidad que se vive”.

3.15 “Aprendizaje es asimilar los conceptos que de una manera u otra nos dan, es interiorizarlos para beneficio propio”.

3.16 “Aprendizaje es la adquisición lógica y comprensiva de variados conocimientos a través de diferentes métodos”.

3.17 “El aprendizaje es un proceso mediante el cual se adquiere el conocimiento”.

Los textos anteriores muestran de manera clara un concepto molar de aprendizaje en el cual no hay un conocimiento detallado de los diferentes procesos que permiten o no la asimilación. En esta perspectiva de análisis, los profesores parecen asumir una relación directa e ingenua entre la enseñanza y el aprendizaje, de tal manera que lo que ellos enseñan es asimilado o adquirido por los estudiantes sin que medien procesos cognitivo-emotivos que nos permitan conocer en detalle cómo sucede tal asimilación/adquisición. En este sentido, y siguiendo los análisis de Tamayo et al (2006), los profesores muestran un generalizado desconocimiento acerca de los procesos de aprendizaje que siguen sus estudiantes. Los maestros no logran precisar cómo aprenden sus estudiantes lo que ellos enseñan. En el mejor de los casos hacen referencia a procesos macro o meso, es decir, logran enunciar algunas de las variables que influyen en el aprendizaje o a mencionar algunas condiciones referidas al sujeto que aprende. Estos planteamientos se caracterizan por ser generales y no identificar aquellas condiciones micro que hacen referencia al funcionamiento de los procesos cognitivos de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

La carencia de un conocimiento adecuado acerca de los procesos de aprendizaje en los dominios del conocimiento en los cuales se mueve el profesor nos lleva a pensar ingenuamente que lo que éste enseña es adquirido/asimilado por los estudiantes. En suma, estamos ante una caja negra que, de no adentrarnos en el conocimiento y comprensión de su funcionamiento interno, nos lleva a asumir pensamientos como los encontrados entre los profesores. La necesidad de identificar, conocer y regular un conjunto de procesos moderadores inmersos entre la enseñanza y el aprendizaje es tal vez la estrategia, y a su vez uno de los campos de investigación más importantes, que permiten que los estudiantes logren hoy verdaderos aprendizajes. Esta exploración de procesos moderadores entre enseñanza y aprendizaje nos lleva a plantearnos preguntas como: ¿Qué tipos de interacciones se generan entre los conocimientos previos y los nuevos? ¿Cómo afectan las emociones

los procesos de aprendizaje? ¿Cuáles son los principales obstáculos de los estudiantes en el aprendizaje de una disciplina determinada? ¿Cómo desarrollar procesos autorreguladores del aprendizaje? ¿Cómo interactúan algunos de los desarrollos de las ciencias cognitivas, la pedagogía y la didáctica en el aprendizaje de los estudiantes?

Los anteriores planteamientos se fundamentan en la caracterización realizada por diferentes autores en cuanto al aprendizaje como asimilación *verdadera* o *significativa*:

- Los conceptos son externos al alumno y éste debe *captarlos* (Gil, 1983).
- La actividad mental requerida para una verdadera asimilación de conceptos implica la relación, diferenciación y reconciliación integradora con los conceptos previos pertinentes.
- La relación entre los conocimientos previamente adquiridos y el nuevo aprendizaje presentado es un factor que busca el logro de aprendizajes significativos, proceso que debe ser consciente y racional.

Es claro, entonces, que los profesores deben conocer en detalle los procesos de aprendizaje de sus estudiantes en las materias que estudian. Este tipo de conocimiento de los estudiantes (Shulman, 1986, 1987), debe estar integrado en la docencia.

Otras perspectivas de aprendizaje destacan la importancia del descubrimiento, como proceso básico del conocimiento.

3.13. “Aprendizaje es entender, es conocer algo de lo que nos rodea, de lo que nos interesa. Es conocer las causas y las consecuencias de algo. Es poder describir, analizar, interpretar hasta llegar al descubrimiento de un objeto de un ser, de un elemento, del mundo que nos rodea”.

Pese al bajo porcentaje de respuestas de los profesores en esta subcategoría de análisis, conviene señalar algunas de las principales críticas hechas a esta perspectiva teórica. Este tipo de aprendizaje se basa en que todo conocimiento es aprendido por uno mismo, es decir, que el conocimiento se adquiere cuando el sujeto lo descubre por sí mismo. Este se considera como un proceso autónomo en el cual el profesor cumple la función central en el aula al generar ambientes educativos que faciliten el proceso de descubrimiento. Algunos de los aspectos críticos señalados en esta postura teórica mencionan el desconocimiento de que los productos de la ciencia y la tecnología de los cuales disfrutamos hoy son el resultado de décadas y siglos de investigación y desarrollo tecnológico, lo cual hace virtualmente imposible que el estudiante los descubra por sí solo. Además, señalan dificultades como el descuido de la

enseñanza de conceptos fundamentales de las ciencias y el inadecuado manejo de los tiempos y ritmos escolares.

Otra crítica importante vinculada a las propuestas de enseñanza y aprendizaje centradas en el descubrimiento es su marcado énfasis empirista, como lo ilustran las siguientes expresiones de los profesores.

3.10 “Las ciencias naturales pienso que se aprenden a partir de la observación de ciertos fenómenos naturales o producidos para luego experimentarlos bajo ciertas condiciones y finalmente sacar conclusiones”.

3.11 “Las ciencias naturales se aprenden observando, analizando y experimentando”.

3.12 “Las ciencias naturales se aprenden: observando la naturaleza, comparando seres, clasificando”.

3.23 “Creo que las ciencias se aprenden de muchas formas, pero fundamentalmente, el método de la experimentación deja huella por su proceso”.

El 58% de las respuestas de los profesores destaca la importancia de la observación en el proceso de aprendizaje. Los textos analizados muestran igualmente el marcado énfasis que dan los profesores a la observación de fenómenos naturales o la realización de experimentos que permitan orientar determinadas observaciones. Ya habíamos argumentado en torno al concepto de ciencia, nos resta presentar la estrecha relación de las visiones de ciencia y aprendizaje de los profesores participantes en el estudio.

Concluimos, a manera de hipótesis, la estrecha distinción existente entre el concepto de ciencia y el de aprendizaje en el grupo de profesores investigados. Este tránsito directo entre la producción de conocimiento y el aprendizaje traslada al aula la estructura lógica de la construcción de conocimiento de algunas escuelas. En última instancia, lo que señalamos es la aparente dependencia de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las concepciones que tienen los maestros acerca de qué es la ciencia y cómo se construye.

Algunas de las expresiones de los profesores se alejan del énfasis centrado en la observación, sin desconocerla, y se enmarcan en los llamados procesos psicológicos superiores, tal es el caso de:

3.14 Las ciencias naturales se aprenden a través de prácticas observables o mejor perceptibles (los sentidos) de manera que favorezcan el análisis, la síntesis, el cuestionamiento, la formulación de hipótesis.

Si bien no se da solución al problema del énfasis sensual–empirista, vale la pena destacar el diferente papel de la observación. Se observa para facilitar el análisis, la síntesis, la formulación de hipótesis. La observación se considera



un insumo importante para el pensamiento. Ya hemos planteado algunas de las principales dificultades de los procesos de enseñanza–aprendizaje, orientados exclusivamente por procesos de observación.

Un detallado análisis de las respuestas dadas por los profesores nos lleva a destacar el papel de las vivencias, proceso del aprendizaje de las ciencias. En este caso, tomamos distancia de los procesos de observación y experimentación discutidos para centrarnos más bien en el componente de orden vivencial.

3.2 “La mejor manera de aprender las ciencias naturales es viviéndola, poniendo a los estudiantes en contacto directo con los elementos o con los hechos motivo de estudio. Permitiéndole la observación, la predicción, la experimentación, que ponga en juego todo su ser para que logre un aprendizaje significativo”.

3.19 “Las ciencias naturales se aprenden de una manera práctica, experimental y vivencial, para que los estudiantes desarrollen capacidades y potencialidades”.

Los textos anteriores nos llevan a reconocer la importancia de la implicación del sujeto como un todo en los procesos de aprendizaje. Esta perspectiva de aprendizaje, sin lugar a dudas es más integral y comprensiva que aquellas centradas en lo conceptual o en unas pocas dimensiones del desarrollo humano y social.

### **Características del aprendizaje**

En cuanto a las características del aprendizaje, los profesores identifican como las más relevantes las siguientes: trabajo en grupo, interacción, cambio continuo y apropiación del conocimiento, ilustradas así:

Características del aprendizaje	Textos de los profesores
Apropiación del conocimiento	3.6 Se debe trabajar mucho en grupo para así compartir ideas y experiencias y así alcanzar la verdad sobre lo investigado.
Interacción	3.3 Las ciencias se aprenden en la interacción del sujeto con el objeto de conocimiento.

Cambio continuo	<p>3.10 El aprendizaje digamos que es un proceso de cambio continuo y permanente que se da en un ser humano durante toda su vida.</p> <p>3.19 El aprendizaje es un proceso a lo largo de nuestra vida, constantemente estamos aprendiendo algo nuevo.</p> <p>3.25 Es la forma como el maestro modifica su forma de ver el mundo en un proceso de cambio permanente.</p>
Apropiación del conocimiento	<p>3.4 La forma como nos apropiamos de los conocimientos que adquirimos.</p>

De las anteriores características nos referimos específicamente a aquellas que consideran el aprendizaje como cambio continuo.

Dentro de los aspectos más destacables de los estudios actuales acerca del cambio conceptual podemos mencionar, entre otros, las investigaciones orientadas a establecer tendencias progresivas en la construcción de las explicaciones, la cuales cobran importancia para el diseño curricular, reconocer aspectos superficiales y profundos de la estructura cognitiva de los estudiantes en dominios específicos, reconocer los múltiples marcos interpretativos del cambio conceptual y profundizar el conocimiento de las relaciones entre cambio conceptual e intereses, las motivaciones y los discursos de los estudiantes. Desde la perspectiva didáctica, se pueden encontrar diferentes tipos de cambio conceptual, por ejemplo, en Caravita & Hallden (1994); Schnotz & Preuss, (1997); Vosniadou & Brewer (1992); Tamayo & Sanmartí (2007). Entre estos múltiples estudios podemos identificar acuerdos tales como:

- La coherencia interna de las estructuras de conocimiento iniciales de los estudiantes en dominios específicos. Dichas estructuras pueden ser muy diferentes de las estructuras conceptuales en otros dominios, así como de aquellas que caracterizan el pensamiento adulto en el dominio objeto de estudio.
- El cambio conceptual normal/superficial dentro de dominios específicos.
- La gran dificultad de lograr cambios conceptuales radicales/profundos.
- La influencia de variables situacionales, sociohistóricas, lingüísticas, motivacionales y metacognitivas en el cambio conceptual.

- La investigación actual en el campo del saber permite comprensiones puntuales y tentativas sobre los procesos que generan el cambio.

Los pocos acuerdos citados en el estudio del cambio conceptual, vistos desde la didáctica de las ciencias, nos llevan a reconocer algunos aspectos sobre los cuales aún no hay consenso:

- En cuanto a qué es lo que cambia y cómo se da el cambio conceptual en dominios específicos de las ciencias.
- La posible comprensión holística de los procesos que conducen al cambio conceptual en el aula, por insuficiencia de desarrollos teóricos, por dificultades metodológicas del estudio o por complejidad del problema estudiado.

Hasta el momento, la investigación en didáctica de las ciencias acerca del cambio conceptual está orientada al estudio de los conceptos desde una perspectiva de cambio conceptual radical o de cambio conceptual gradual. Varios estudios recientes señalan que el cambio conceptual es más complejo y que difícilmente se puede explicar y comprender según la simple referencia a aspectos conceptuales (Tytler, 2000). Una visión integral del cambio conceptual debe reunir, además de los logros conceptuales, aquellos aprendizajes provenientes de las dimensiones afectiva, sociohistórica y sociocultural del aprendizaje, hecho que requiere, a su vez, diferentes enfoques metodológicos que den cabida a los nuevos datos empíricos reportados. Dentro de las principales perspectivas actuales del estudio del cambio conceptual, mencionamos los estudios orientados a demostrar la importancia de la secuencia de los conceptos con propósitos curriculares, los que enfatizan en el conocimiento de los aspectos cognitivos profundos y superficiales tanto a nivel colectivo como individual, los que identifican los contextos múltiples de aprendizaje y los que vinculan el cambio conceptual con dimensiones tales como el análisis del discurso y los procesos comunicativos en clase. Dentro de esta visión del cambio conceptual diferente, reconocemos los siguientes supuestos teóricos básicos:

1. Los estudiantes generan aprendizajes continuamente con base en sus propias acciones, percepciones y conocimientos anteriores.
2. El aprendizaje de los conceptos científicos puede requerir metodologías diferentes según la naturaleza y profundidad.
3. El aprendizaje de los conceptos científicos debe considerarse como el desarrollo y construcción de procesos de conocimiento y de elementos cognitivos estables. El cambio, esencia del desarrollo cognitivo.

4. La estructura cognitiva está determinada por el contexto y por las propiedades del sistema cognitivo individual.
5. El conocimiento de los procesos cognitivos de los estudiantes sólo es posible a partir del estudio profundo de las acciones realizadas por ellos, mediante participación verbal y no verbal.
6. Los contextos socioculturales y los múltiples usos del lenguaje son determinantes en la construcción de conceptos.

Si queremos comprender mejor los procesos de aprendizaje y evolución de los conceptos científicos de los estudiantes es necesario integrar diferentes dimensiones que intervienen en el aprendizaje y evolución de los conceptos. Nosotros hemos seleccionado cuatro dimensiones que pueden aportar conocimiento detallado para responder las preguntas: ¿Cómo se produce la evolución conceptual de los estudiantes en el aula? y ¿Qué factores la favorecen? Es claro que con el estudio de las dimensiones *conceptual, cognitivo-lingüística, metacognitiva y motivacional* sólo lograremos una aproximación al estudio integral de la evolución conceptual, dimensiones que se integran en el diseño y desarrollo de las unidades didácticas elaboradas por los profesores.

La dificultad del estudio multidimensional que proponemos es grande debido, entre otros aspectos, a las diferentes estrategias metodológicas empleadas en cada una de ellas, a sus diferentes tradiciones investigativas en las cuales su aporte al estudio de la evolución conceptual es más o menos específico. No obstante, consideramos que es posible encontrar puntos comunes que permitan establecer relaciones entre las dimensiones antes mencionadas, que permiten una aproximación holística al estudio de los conceptos científicos.

Igualmente, es importante para el diseño curricular la necesidad de conocer a fondo los posibles procesos seguidos por los estudiantes para la construcción de los conceptos científicos, sus obstáculos más relevantes y sus múltiples transformaciones en la vida escolar. Desde esta perspectiva, antes de proponer posibles estrategias didácticas para la enseñanza, se requiere el conocimiento de los diferentes factores que inciden en el aprendizaje de los conceptos científicos y la manera como éstos evolucionan.

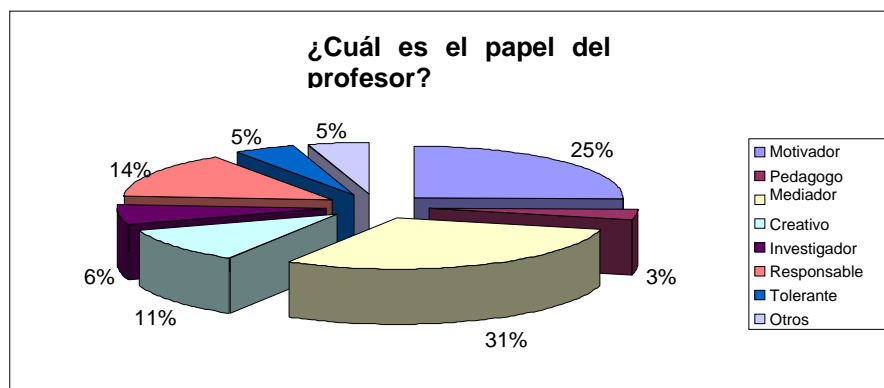
## Capítulo 3

### Pensamiento de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias

#### Papel del profesor

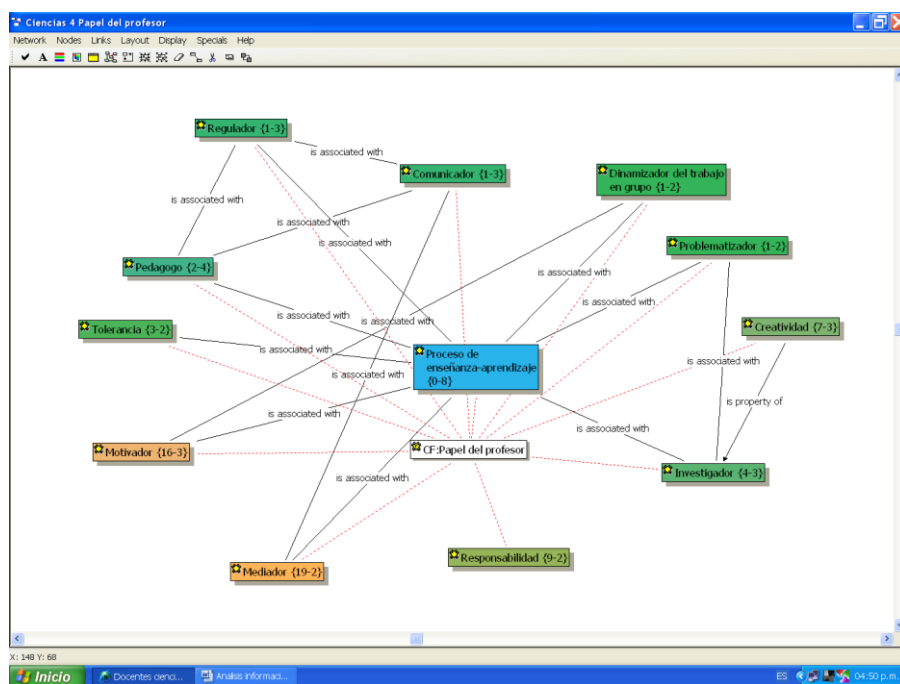
El análisis general de las respuestas dadas por los profesores se muestra en la siguiente gráfica, de la cual podemos concluir la importancia asignada por ellos a aspectos relacionados con lo que podemos llamar cualidades de un buen maestro. El 78% de las expresiones de los profesores se refiere a aspectos relacionados con la motivación, la mediación y la responsabilidad. Sólo el 17% se refiere explícitamente a funciones del maestro en relación con la investigación y el ejercicio de la creatividad (ver figura 3.1).

**Figura 3.1: Distribución porcentual del papel del profesor**



El análisis de las diferentes expresiones de los maestros a la pregunta ¿Cuál es el papel del profesor? permite identificar una subcategoría proceso de enseñanza–aprendizaje, respuestas que indican ciertas tendencias en cuanto a la función central asignada a los maestros en el proceso de enseñanza–aprendizaje, dentro de las que se destacan el maestro como mediador, motivador, pedagogo, regulador, comunicador, dinamizador del trabajo en grupos (ver figura 3.2). De igual manera, se identifican algunas respuestas estudiadas en otros momentos de esta investigación que hacen referencia a aspectos axiológicos, tales como la responsabilidad. A continuación, mostramos en detalle las respuestas de los profesores en los temas antes señalados.

**Figura 3.2: Red semántica que recoge las principales categorías y subcategorías identificadas por los maestros en relación con el papel del profesor.**



El 31% de las expresiones referidas al papel del profesor lo señalan como mediador, acompañante o guía en el proceso de enseñanza–aprendizaje.

4.2 “Para mí el papel del educador es el de facilitador y guía a disposición de los estudiantes”.

4.4 “El papel del profesor debería ser el de facilitador, propiciador de inquietudes y respuestas, porque los estudiantes deben ser quienes más aporten.”

4.21 “El mediador que induce a los niños a que sean ellos mismos los que obtengan su propio conocimiento, dándoles las pautas para ello.”

Que el profesor sea facilitador de los procesos de enseñanza y aprendizaje nos ubica en lógicas educativas en las cuales los estudiantes o el currículo adquieren un papel central en el mencionado proceso. En las últimas décadas, buena parte de las reflexiones educativas, por influencia de las pedagogías románticas activas y ciertas perspectivas constructivistas, centraron su atención en el niño con cierto descuido de aspectos relacionados con el maestro y el currículo. En estas corrientes pedagógicas explícitamente se situaba al maestro en un lugar secundario en el proceso de enseñanza–aprendizaje.

Quisiéramos destacar que, en lo posible, ningún profesor debe enfrentarse a un proceso de enseñanza–aprendizaje si no conoce detalladamente cómo aprenden sus estudiantes lo que él les enseñará. En otras palabras, si en algún momento se planteó que el primer principio ético para llegar a enseñar alguna materia era conocerla en detalle, lo que se propone hoy es, desde la misma perspectiva ética, si los profesores conocen cómo aprenden los estudiantes las materias o los conceptos que les enseñan.

Se propone, entonces, como condición *sine qua non* de cualquier proceso de enseñanza, que el profesor conozca en detalle los diferentes procesos de aprendizaje de los estudiantes en el campo de conocimiento que enseña. Este giro hacia modelos pedagógicos y didácticos centrados en el maestro, y en el conocimiento que éste tiene de los procesos de aprendizaje del campo–específico, sin lugar a dudas, abre nuevas vías que permiten transitar más seguro por los procesos de enseñanza–aprendizaje, en los cuales tomamos como soportes los nuevos desarrollos de las ciencias cognitivas, de la pedagogía y de las didácticas de las ciencias.

Estos nuevos caminos se diferencian significativamente de los ya trazados por la psicología cognitiva y sus modelos de aprendizaje, de los desarrollos propuestos por las didácticas generales y por los planteamientos pedagógicos que defienden la necesidad del desarrollo de competencias de carácter general, las cuales difícilmente son transferidas a dominios diferentes del conocimiento del que provenían.

El propósito no es volver sobre los diferentes modelos pedagógicos que orientaron históricamente los procesos de enseñanza–aprendizaje de las ciencias, en este sentido remitimos al lector a autores clásicos en esta temática (Flórez 1994, Porlán et al. 1997). Más que esto, el interés es enfatizar la necesidad de los profesores de conocer muy bien los procesos de aprendizaje que siguen los estudiantes, a fin de modificar sus procesos de enseñanza. Es claro que el interés principal reside en comprender algunas de las múltiples interrelaciones que se tejen entre enseñanza, aprendizaje y saber con base en el supuesto principal de que el profesor debe enseñar a partir del conocimiento de la manera de aprender sus estudiantes y no solamente saber la información que debe enseñar.

Este nuevo desplazamiento de la atención, en un movimiento pendular hacia el maestro nos lleva a tomar distancia en relación con expresiones como las citadas por los profesores y a reconocer la importancia del maestro como el sujeto que debe integrar un complejo conjunto de conocimientos y naturaleza (Shulman 1986, 1987), en el momento de diseñar ambientes educativos como los mostrados en esta investigación.

Sin lugar a dudas, son importantes algunos matices mostrados por los profesores de las posturas puerocéntricas señaladas. Si bien se destaca el énfasis para crear las condiciones adecuadas para el desarrollo de los niños, conviene señalar el importante papel de los maestros en el desarrollo y descubrimiento de ciertas habilidades intelectuales.

4.10 “Un orientador de procesos pedagógicos que guíe el pensamiento, la inquietud intelectual y el descubrimiento de talentos de sus discípulos”.

4.18 “...se debe convertir en un guía, orientador, lógico, analítico, reflexivo y experimentado de todos aquellos conceptos tan difíciles de adquirir con la clase magistral”.

En relación con la discusión de los párrafos anteriores, encontramos conceptos de los profesores que consideran que el principal papel del maestro en el aula es ser motivador. Son muchas las expresiones encontradas en la literatura científica en educación en las cuales se destaca que el papel del profesor es el de motivador, mediador, facilitador, guía, acompañante del estudiante.

4.2 “Un profesor que en lugar de dar soluciones, motiva al estudiante para seguir descubriendo”.

4.6 “El acompañamiento no es el de ser un sargento regañón sino un verdadero guía, que anima y despierta el gusto por el estudio de las ciencias naturales, la constancia y perseverancia, el orden, la disciplina y deseo de investigar, concertar con todos y cada uno de los grupos de trabajo para



compartir lo experimentado e investigado. El trabajo en grupo hoy es clave”.

4.9 “Ser ordenado y motivar a los alumnos para que trabajen en orden y con entusiasmo”.

4.16 “Considero que el orientador en esta área debe amarla, valorarla y hacerla ver ante los demás como la más importante... Debe buscar los medios, aprovechar los recursos disponibles, hacer el área amena, agradable, así los estudiantes buscarán llegar a la verdad con el método científico”.

Indudablemente, el énfasis en los procesos de motivación es fundamental para el aprendizaje. Desarrollos importantes en este sentido los encontramos en Bacas y Martín-Díaz (1992), Alonso (1997, 1998). La motivación extrínseca se relaciona con enfoques superficiales de aprendizaje. Quienes tienen este tipo de motivación perciben la tarea como una obligación, tienden a memorizar hechos específicos y a reproducir procesos, tienen además una visión particular y aislada de las tareas. Sus explicaciones suelen ser reformulaciones de las preguntas hechas, una especie de *caja negra* (Chin & Brown, 2000; Olsher & Beit, 1999), que no hacen referencia a mecanismos o descripciones microscópicas sino referidas a lo visible; su pensamiento es secuencial, pasan de una idea a otra sin dirección, las ideas parecen aisladas y tienen mayor dependencia del recuerdo y del conocimiento factual; su lenguaje es impreciso.

Las motivaciones intrínsecas se relacionan con el logro de aprendizajes profundos, von Aufschnaiter & Niedderer (1998), Biggs (1987) y Marton (1983). Algunas de las características más importantes de este tipo de aprendizaje incluyen la personalización de la tarea, la asignación de un significado propio (White & Gunstone, 1992) y la relación con sus ideas y experiencias previas. Cuando los estudiantes emplean un enfoque profundo de aprendizaje producen sus ideas espontáneamente, dan explicaciones elaboradas que describen mecanismos y relaciones causa efecto, hacen preguntas orientadas a encontrar explicaciones, predicciones, causas, o resuelven discrepancias de conocimiento, su lenguaje es preciso y con referentes específicos; sus explicaciones funcionan como modelos o miniteorías que permiten el enlace entre el nivel macro y el micro, (Chin & Brown, 2000). Son estudiantes constantes que siguen la idea de manera sostenida, pueden trabajar sobre sus propias ideas en lugar de hacerlo sobre las ideas de los demás.

Este énfasis en la motivación, componente central de cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, es esencial en todo proceso educativo; sin embargo, reconocerlo no nos lleva de manera inmediata a pensar que la función central del maestro en el aula sea la de ser motivador, más que esto, consideramos

que la motivación debe estar implícita en cualquier proceso de enseñanza. De ser así, la motivación debiera ser una acción permanente que caracterice la labor de los profesores para diseñar y orientar procesos de enseñanza–aprendizaje de calidad y evitar caer en posturas activistas que consideran la motivación como el principal papel del profesor.

Otras respuestas de los profesores correspondientes a la categoría de análisis se presentan a continuación.

Subcategoría	Textos de los profesores
Tolerancia	4.19 Debe permitir la expresión del alumno, ser flexible y tolerante.
Pedagogo	4.6 Fuera de ser un caballero galopante de lo humano, es decir, pedagogo verdadero, debe ser un acompañante continuo del educando en el aprendizaje incluso compartiendo el error.
Regulador	4.9 Asignar responsabilidades a los estudiantes y estar pendiente para que cumplan las metas propuestas, evaluar constantemente y estimular el trabajo de los estudiantes.
Comunicador	4.25 Debe saber escuchar los niños. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dejar que argumenten los temas planteados.</li> <li>• Respetar sus opiniones.</li> <li>• Dejarlos experimentar.</li> </ul>
Dinamizador del trabajo en grupo	4.6 concertar con todos y cada uno de los grupos de trabajo para compartir lo experimentado e investigado. En la actualidad, el trabajo en grupo es clave.
Problematizador	4.13 Papel de problematizador al llevar al estudiante a la pregunta. Papel de animador para estimular al niño o joven a la experimentación.

El 17% de las respuestas de los profesores acerca del papel del profesor se relaciona con aspectos que tienen que ver con la investigación y específicamente con la creatividad, tal como sigue:

4.5 “El papel del profesor debe ser modelo de investigación basado en el experimento desde lo más sencillo si es posible, para que el aprendizaje sea concreto y los motive a continuar, no de manera memorística”.

4.24 “Tener un espíritu investigativo...”.

4.26 “Crear y fomentar el espíritu de investigación para que pueda estar leyendo...”.

Si bien el porcentaje de expresiones referidas de manera específica a la investigación es de 6%, vale destacar la importancia de orientar acciones para lograr el desarrollo del espíritu investigativo de los estudiantes.

5.9 “Formar el espíritu científico. Porque el alumno se motiva a investigar y a buscar el por qué de los diferentes fenómenos, motivación que lo lleva a trabajar con más responsabilidad y entrega”.

5.9 “Llevar al alumno a ser crítico. El alumno aprende a elaborar permanentemente argumentos críticos acerca de su investigación mediante la práctica de la lectura permanente y la elaboración de síntesis”.

Una propuesta educativa orientada a la formación integral deberá privilegiar como elemento dinamizador del desarrollo, la formación del espíritu crítico de los estudiantes, necesario para la construcción de nuevos conocimientos y para el desarrollo de capacidades del pensamiento, útiles para su ubicación en la sociedad. Si por el contrario, se imparte la enseñanza dando prioridad a los resultados, sin explicitar la línea evolutiva original, corremos el riesgo de que el estudiante mezcle las nociones cotidianas del tema enseñado con los nuevos. Estas múltiples interacciones generadas entre estos dos tipos de conocimiento están ampliamente documentadas en la literatura científica.

Para Bachelard, (1988), en la formación del espíritu científico intervienen diferentes aspectos, tales como: el sentido común, la intuición, el uso de imágenes, las analogías, las metáforas, las generalizaciones, etc., estos aspectos los plantea el autor como obstáculos superables en la formación del espíritu científico. Si bien el uso de estas estrategias puede favorecer la adquisición de nuevos aprendizajes, se requiere acompañarlas con otras acciones igualmente importantes, como la discusión racional determinante en el logro del espíritu científico. No es suficiente, entonces, pensar que el uso de analogías e imágenes y la recuperación del sentido común, de lo maravilloso, *per se*, sea dinamizadora del espíritu científico.

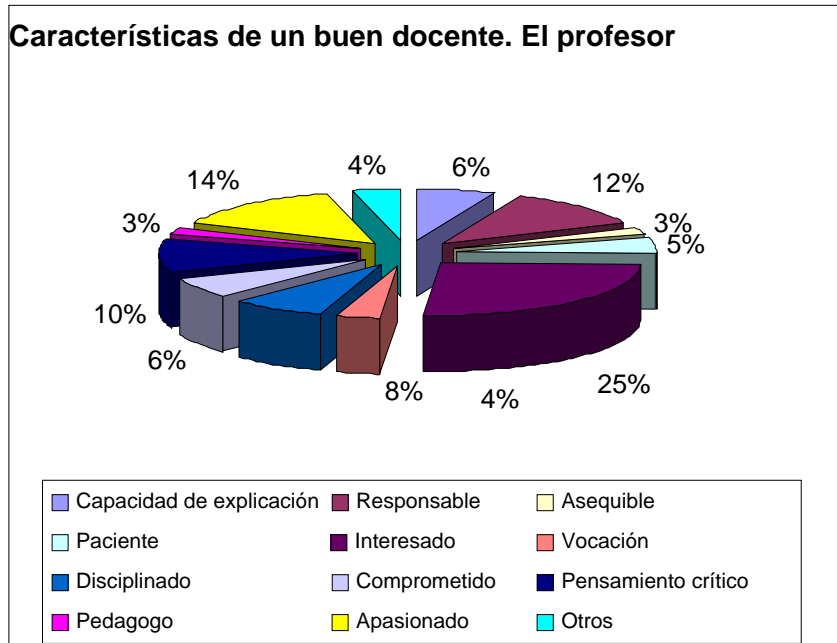
Otros elementos importantes del desarrollo del espíritu científico es el uso de los libros de texto y las estrategias metodológicas empleadas por los docentes. En ambos casos, es indispensable reconocer otras posibilidades en cuanto a la forma de abordar los procesos de aprendizaje, formas en las cuales se identifiquen las debilidades de las pedagogías tradicionales, tanto respecto del maestro como del uso de ayudas educativas, lo cual se potencia con el ejercicio de la creatividad en función de cualificar el diseño de ambientes de enseñanza y aprendizaje, como lo mencionan los profesores en los siguientes textos:

4.14 “Debe ser, además de recursivo, creativo e innovador con el propósito de adecuar ambientes y espacios que favorezcan el aprendizaje”.

4.26 “Recursivo: que emplee todo lo que encuentra en el medio ambiente.  
Innovador: interesarse por fomentar en sus estudiantes aptitudes de cambio”.

### **Características de un buen docente**

A continuación presentamos las respuestas generales de los profesores acerca de las características de un buen docente. En la figura 3.3 llamamos la atención sobre las subcategorías: responsabilidad, interés y pasión con 12 y 14% respectivamente.



**Figura 3.3:** Distribución porcentual de las respuestas de los profesores acerca de las características sobresalientes de un buen profesor.

Presentamos también la red semántica de algunas de las relaciones más importantes entre las diferentes subcategorías analizadas, resumidas en la figura 3.4.

#### Responsabilidad

9.6 “El estudio, la enseñanza y el aprendizaje requiere mucha responsabilidad”.

9.7 “Asumir con responsabilidad y compromiso su labor es importante porque el maestro que asuma con responsabilidad y compromiso su labor, asume cualquier reto en pos de su mejoramiento personal y laboral”.

#### Interés

9.5 “Interés y capacidad para impartir y llegar hasta donde se quiere con los alumnos y alcanzar los logros propuestos”.

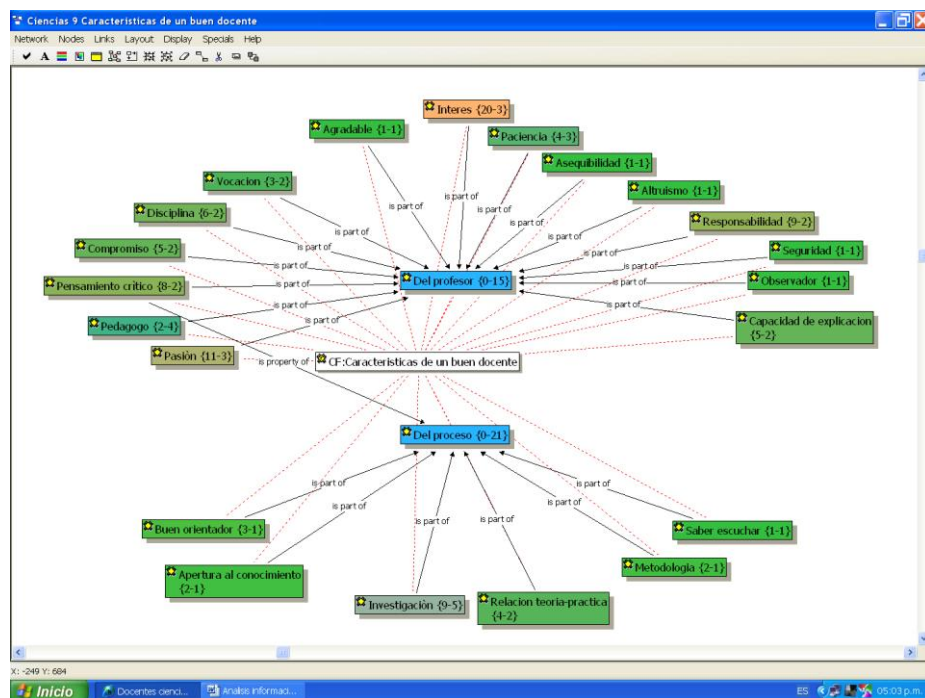
#### Pasión

9.4 “Amor por su profesión. Porque si está en lo que le gusta, su trabajo lo realizará con amor, entrega”.

9.6 “Amar su trabajo. Cuando las cosas se hacen con amor se van dando so-  
las”.

9.7 “Amar su profesión y a sus estudiantes. Es importante por que el do-  
cente que quiere su profesión, sus estudiantes, hace lo que esté a su alcance  
para brindarle a estos una excelente formación”.

Las discusiones anteriores sobre los aspectos que hay que tener en cuenta  
para la enseñanza mostraron la importancia, especialmente, de los aspectos  
axiológicos destacados por los maestros.



**Figura 3.4:** Red semántica que muestra las principales categorías y subcategorías de las características de un buen profesor. Se destaca el papel preponderante de la motivación.

Otras subcategorías con menor número de respuestas en el análisis cualitativo destacan la importancia de formar pensamiento crítico, compromiso, disciplina, vocación y paciencia en el maestro, así como capacidad para explicar. He aquí algunos de los textos más representativos de estas subcategorías.

Subcategoría	Textos de los profesores
Pensamiento crítico	9.6 Fomentar el espíritu de investigación y experimentación. Sólo con un gran espíritu investigativo y empírico alcanzaremos la verdad que tanto anhelamos.
Compromiso	<p>9.4 Deseos de superación. Porque si bien es cierto que se trabaja con niños, el aprendizaje es para ambas partes y todos los días se aprenderá algo nuevo</p> <p>9.5 Preparación. Se necesita la preparación para poder impartir el conocimiento que voy a enseñar, cómo?, con qué? para qué?</p> <p>9.7 Asumir con responsabilidad y compromiso su labor. Es importante por que el maestro que asuma con responsabilidad y compromiso su trabajo, asume cualquier reto en pos de su mejoramiento personal y laboral.</p> <p>9.7 Mantenerse actualizado (ser buen lector). El maestro que vive actualizado le brinda la oportunidad a sus estudiantes de progresar y proyectarse en el mundo.</p>
Disciplina	9.15 Disciplina – trato al alumno. El profesor debe saber mantener una buena disciplina sin menoscabar el trato amable y cariñoso que debe dar a todos los estudiantes. A veces es difícil lograrlo por el número de estudiantes (40 O MAS ALUMNOS) y por las características de cada niño.
Vocación	Es lo que he querido trabajar, lo que me gusta, lo que me motiva a hacer algo.
Paciencia	<p>9.3 Hay que saber esperar al aprendiz, hay que tener paciencia con él.</p> <p>9.10 Tener en cuenta las diferencias individuales y los diferentes ritmos de aprendizaje y aprehensión del conocimiento.</p>
Capacidad de explicación	9.15 Preparación – transmisión de conocimiento. Muchas veces se puede tener la suficiente preparación pero puede faltar la capacidad para transmitir el conocimiento, no encontramos la forma adecuada para llegar al alumno pero hay que buscar nuevas alternativas.

## Propósitos para la enseñanza de las ciencias

El 36% de las respuestas de los profesores a la pregunta acerca de los propósitos de la enseñanza de las ciencias destaca el papel de la observación (ver figura 3.5). El 51% de las expresiones hace referencia a la observación/explicación/experimentación. Llamamos la atención sobre los bajos porcentajes para propósitos esenciales para lograr la formación del espíritu científico ya discutido, el desarrollo de actitudes hacia la ciencia y la construcción de conocimientos.

Los propósitos de la enseñanza de las ciencias se agruparon en las siguientes subcategorías a partir de las respuestas de los profesores (ver figura 3.6).

Una de las reflexiones actuales para la enseñanza de las ciencias destaca la necesidad de profundizar el conocimiento de los profesores, desarrollar nuevas actitudes para el conocimiento científico de los estudiantes. Los párrafos siguientes enfatizan el segundo aspecto mencionado.





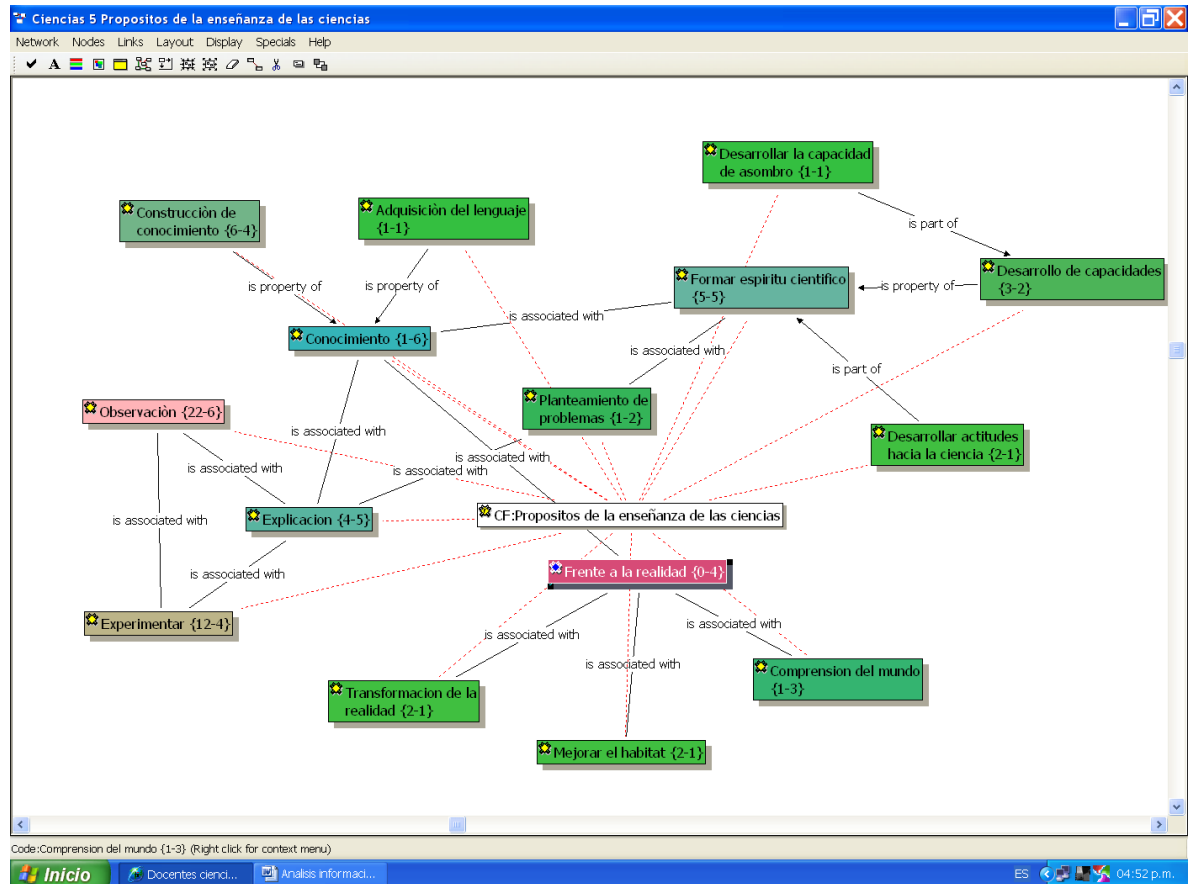
**Figura 3.5:** Distribución porcentual de las respuestas de los profesores a la pregunta de los propósitos de la enseñanza.

5.6 “Inculcar en nuestros educandos el deber de colaborar con los adelantos científicos de las ciencias. ¿Por qué es importante? Es de suma importancia cautivar a nuestros educandos para el estudio de las ciencias a fin de engrandecer nuestro mundo terrícola y que mejor oportunidad que la escuela. No es enseñar contenidos sin sentido, sino el estudio de las ciencias naturales, la experimentación nos despierta el gusto por ésta”.

5.7 “Que el estudiante aprenda a interactuar con el medio sin destruirlo, beneficiándose de él. ¿Por qué es importante? Es importante porque cuando las personas aprendamos a aprovechar todo lo que la naturaleza nos ofrece, cuidamos dicha riqueza, y así tendremos un mundo mejor, para nosotros y nuestros descendientes”.

No hay duda de que hoy vivimos un período de rápido crecimiento del conocimiento y que mucho de este conocimiento es rápidamente utilizado para la creación de nuevas tecnologías. La ciencia y la tecnología son consideradas actualmente como los factores más influyentes en el rumbo de nuestras vidas, que exige un mínimo de comprensión de términos y conceptos científicos para enfrentarnos con éxito a las situaciones que se nos presentan, que ya son cotidianos y hacen parte del bagaje cultural de las personas y las comunidades. Para el logro de esta adecuada apropiación social de la ciencia, se requiere crear condiciones para la enseñanza–aprendizaje apropiadas para que la ciencia, y los procesos asociados relacionados con ella, formen parte inseparable de la cultura.

Compartimos la reflexión planteada por Croos (1999) para pensar y evaluar, si la educación formal impartida por los profesores ayuda a comprender los increíbles desarrollos de ciencia y tecnología vigentes. Frente a este razonamiento surge la pregunta ¿qué clase de educación en ciencias puede ayudar a los futuros ciudadanos a plantear juicios críticos acerca de los futuros requerimientos en nuestras sociedades, relacionados con aspectos de la ciencia y la tecnología?. Se requieren grandes esfuerzos, en la enseñanza de las ciencias para impartir una educación que prepare a los estudiantes como ciudadanos de un mundo rápidamente cambiante, hecho que exige a los profesores visiones más amplias de las múltiples relaciones entre: la ciencia, la tecnología, la sociedad y la educación (Cajas, 1999).



**Figura 3.6:** Red semántica que reúne los principales propósitos asignados por los profesores a la enseñanza de las ciencias

La enseñanza de las ciencias debe aportar a la apropiación crítica del conocimiento científico y a la generación de nuevas condiciones y mecanismos que promuevan la formación de nuevas actitudes hacia la ciencia y hacia el conocimiento científico. La importancia del aprendizaje de las ciencias y su comprensión no es intuitiva, es más, muchos de los hallazgos de la ciencia son contrarios o simplemente diferentes de la comprensión que tenemos de ellos. Además, las explicaciones y los descubrimientos reportados como científicos no son fijos, están sujetos a un refinamiento continuo que tienen como último propósito, mejorar la comprensión de los fenómenos estudiados.

La enseñanza de las ciencias, inscrita en esta nueva dinámica cultural, nos reta a pensar y plantear nuevas propuestas curriculares en las cuales se reflexione sobre las relaciones entre la ciencia y su conocimiento (Fensham & Harlem, 1999), y uno de los objetivos centrales debe ser el logro de una mejor comprensión pública de la ciencia (de Vos & Reiding, 1999; Cross, 1999) y el desarrollo de habilidades para la toma de decisiones relacionadas con problemas socio-científicos (Patronis, Potari & Spiliyopoulos, 1999).

Respecto del desarrollo de nuevas actitudes hacia la ciencia y el conocimiento científico encontramos expresiones que destacan la importancia de transformar la realidad y mejorar el hábitat.

Subcategoría	Texto de los profesores
Transformación de la realidad	5.1 “Porque analizan causas y consecuencias de tales relaciones y la manera de influir en ellas?”. 5.10 “Quien no se asombra por lo que sucede a su alrededor, difícilmente podrá incidir e influir sobre otros llámese (personas – animales o cosas) para producir cambios, o encontrar explicaciones”.
Mejorar el hábitat	5.1 “Mejoramiento su hábitat”. 5.7 “Que el estudiante aprenda a interactuar con el medio sin destruirlo, beneficiándose de él. Es importante porque cuando las personas aprendamos a aprovechar todo lo que la naturaleza nos ofrece, cuidando y reestableciendo todo lo que nos ofrece, tendremos un mundo mejor para nosotros y nuestros descendientes”.

En cuanto al desarrollo de capacidades, como propósito de la enseñanza de las ciencias, los profesores enfatizan la necesidad de desarrollar habilidades del pensamiento y asombro de los estudiantes.

5.7 Potenciar todas las capacidades de los estudiantes para inventar, experimentar e innovar. En todos los seres humanos hay un gran potencial que es importante ayudarles a descubrir. Si iniciamos con nuestros estudiantes, descubriremos que entre ellos puede haber uno, dos o más científicos en potencia.

5.8 Ser analítico. Porque no se debe ser conformista, ni pensar que todo está listo. Hay que desarrollar el cerebro.

5.10 Desarrollar la capacidad de asombro. Quien no se asombra por lo que sucede a su alrededor, difícilmente podrá incidir e influir sobre otros llámese (personas – animales o cosas) para producir cambios, o encontrar explicaciones.

La observación es la capacidad más importante entre el profesorado. Ya nos hemos referido al problema de la observación en la construcción de conocimiento científico y en los riesgos de asumir perspectivas de enseñanza–aprendizaje centradas en la observación, a continuación presentamos otras reflexiones complementarias derivadas de los datos encontrados. Las consideraciones de los profesores, destacan el papel de la observación en la construcción del conocimiento y la identificación de algunas de las características asignadas a un profesor, como veremos:

2.10 “Capacidad de observar, aprecia y disfrutar detenidamente pequeños y sencillos fenómenos que contribuyen al descubrimiento de grandes verdades, convocadas por las comunidades científicas, a formular ... conceptos y modificar la vida”.

2.13<sup>a</sup> “Conocer el mundo con los sentidos. Ser un agudo observador para captar los detalles que conforman un todo. Oler el mundo, degustarlo, tocarlo. En una palabra, ser altamente sensible a lo que lo rodea”.

5.3 “... Quien observa, ve el detalle, quien ve lo analiza, aprende y soluciona problemas”.

“Fortalecer la capacidad de observar. Un buen observador hace posible prestar atención a los más mínimos detalles que suceden a su alrededor”.

6.5 “Las ciencias naturales parten desde la observación y experimentación para llegar al concepto, al aprendizaje”.

La observación, sin lugar a dudas, juega un papel importante en los procesos de investigación. No obstante lo anterior, es conveniente preguntarnos hasta qué punto los profesores consideran que el conocimiento del mundo tiene como punto de partida ciertas actividades que privilegian la observación frente a otros procesos diferentes. De igual manera, son innegables los aportes de los modelos investigativos característicos de ciencias como la física, la química, la biología, las ciencias del ambiente, entre otras y, por extensión, algunos modelos de investigación en las ciencias sociales y humanas, modelos que consideran la observación como parte de un todo que es la actividad investigativa, detallado más adelante.

En la enseñanza, la observación, ha transitado por distintos modelos educativos. Sin duda, su mayor influencia se da en los modelos sensual–empiristas donde se propone de manera explícita iniciar cualquier proceso de enseñan-

za-aprendizaje con actividades orientadas a explorar la apariencia de los fenómenos estudiados. En estos modelos se pretende crear sucesivamente en el estudiante, un proceso de impresión sensible y de abstracción en el que el espíritu del niño (en el principio de su existencia), es una especie de tabla rasa en la cual se graban progresivamente las impresiones suministradas por los sentidos. Lo único que varía de un sujeto a otro es el grado de sensibilidad, es decir, la capacidad para extraer los elementos comunes de las diferentes imágenes, denominada capacidad de abstracción (Aebli, 1958). Los métodos basados en la observación solamente captan la apariencia externa de los fenómenos. Para la formación de una noción se requiere, además de la observación, la actividad mental para la construcción de un sistema de operaciones y relaciones a partir de las cuales se define la noción.

Orientar la enseñanza de las ciencias por procesos de observación es privilegiar ésta frente a la comprensión; es desvincular el aprendizaje de una parte con relación al todo; es pretender objetividad a través del ejercicio de la observación pura, desconociendo que toda observación depende de un punto de vista teórico. En términos de Not (1994) “no está bien que el poder de la observación se desarrolle más rápidamente que el arte de interpretar”. Se deriva de lo anterior el rechazo a las lecciones de cosas, a la enseñanza científica prematura y a todo proceso empírico de descubrimiento, pues hacen falta marcos de referencia sólidos para interpretarlos.

La observación, considerada como aquella actividad sensorial y mental que se despliega frente a un objeto o fenómeno para dar una explicación o interpretación determinada, es el componente central del espíritu científico a partir del cual podemos acercarnos a la realidad de un fenómeno físico o social que motive nuestros intereses para su conocimiento, con miras a comprenderlo, transformarlo o explicarlo. Vista así la observación, es clara la necesidad de superar el sólo hecho observacional, superar la mera actividad sensorial, para que, a partir de la información suministrada, pasemos a una actividad mental que nos permita sobrepasar la simple descripción.

Siempre que observamos algo, partimos de supuestos teóricos e intereses particulares que orientan la observación. Con base en lo anterior, es indispensable que en las clases de ciencias orientemos acciones para regular nuestras observaciones cotidianas, que requieren entre otras cosas, lo siguiente:

- Intento de explicación y/o interpretación a partir de la observación, del saber acumulado y de la historia propia del observador.
- Formación científica sólida que permita dar explicaciones y/o interpretaciones rigurosas de lo observado.

- Adecuada metodología para hacer la observación.
- Búsqueda permanente de la integración entre lo observado y el conocimiento previo del observador.

En aquellos campos que requieren el apoyo de la observación para lograr aprendizajes profundos, los profesores deben orientar el desarrollo de ésta para que los estudiantes pasen de una orientación pre-científica, guiada por el sentido común, a una observación controlada, enfocada específicamente a elaborar explicaciones científicas del fenómeno estudiado. Este tipo de actividad tiene un especial interés para el trabajo experimental, en el cual la función del estudiante es encontrar nuevos aspectos que permitan dar una explicación más lógica del fenómeno observado. En el proceso de observar algo, la racionalización de la observación es fundamental. No es suficiente la simple observación de un fenómeno, lo importante es que pongamos en juego nuestra capacidad racional, para utilizar al máximo todas las capacidades del pensamiento y dar una explicación científica del hecho inicialmente registrado.

Los textos antes citados destacan que los profesores deben hacer esfuerzos para que sus estudiantes desarrollen la capacidad de observar, dada su importancia para la solución de problemas y para lograr interacciones adecuadas de las diferentes situaciones en las cuales actúan. De alguna manera, el reconocimiento de la observación en el plano de la vida cotidiana de las personas es importante debido, entre otros aspectos, a que toma distancia de la perspectiva epistemológica antes descrita y, además, lleva esta actividad al ámbito de la cotidianidad.

Otros dos importantes propósitos de la enseñanza de las ciencias señalados por los profesores tiene que ver con la elaboración de conocimientos y la adquisición del lenguaje de las ciencias. En cuanto a la construcción de conocimiento encontramos afirmaciones como:

5.3 “No reconocer la ciencia como producto terminado, sino como proceso de construcción. Porque siendo así, el estudiante aprende que el conocimiento se va construyendo y que él puede ser protagonista”.

5.6 “Colaborar en el descubrimiento científico de las ciencias naturales, a través de la experimentación”. Todos y cada uno de los seres humanos estamos en la obligación de aportar un granito de arena a los nuevos conocimientos de la humanidad y que mejor oportunidad la que nos brinda la profesión de maestro”.

Si bien, estas dos subcategorías finales de los propósitos de la enseñanza de las ciencias, son poco frecuentes en las respuestas de los profesores, es necesario enfatizar la importancia actual en la didáctica de las ciencias. En el aná-

lisis de la primera subcategoría “¿Qué entienden por ciencia los profesores? Nos referimos a la perspectiva constructivista de la ciencia y como esta postura teórica se distancia de otras concepciones en las cuales el conocimiento científico se considera como verdadero e inmutable. Otras características de importancia actual, desde la perspectiva de la Naturaleza de la Ciencia, se encuentran en Lederman y Khalilck 1998, Mc Comas 1998, Khalilck 2005.

En cuanto a la adquisición del lenguaje de las diferentes disciplinas vemos afirmaciones como:

5.4 “Apropiación de términos. Por que con ello aprenden a utilizar el vocabulario adecuado”.

Si bien se reconoce la importancia actual de los estudios del lenguaje, éste no siempre se interpreta de la misma forma. El lenguaje es considerado por la psicología cognoscitiva como un vehículo para expresar el pensamiento, mientras que para algunas tendencias de la perspectiva histórico-cultural, el lenguaje es el medio para desarrollar el pensamiento. Para la psicología discursiva (Edwards & Potter, 1992), el acto de habla permite la construcción del significado, de la realidad y de la misma cognición. En estas dos últimas perspectivas teóricas, el contexto adquiere gran importancia en el discurso. Los actuales estudios del lenguaje en el aula destacan la necesidad de encontrar nuevas formas de mirar y de hablar que impliquen la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje, (Arca, M., Guidoni, P. & Mazzoni, P. 1990; Jewitt, 2000; Martins, 2000; Sutton, 1998a) para propiciar a la vez el uso de diferentes puntos de vista ante situaciones que se les presentan, aspectos claves en las etapas iniciales de la comunicación científica. Para el logro de estas nuevas formas de mirar y hablar se requieren acuerdos entre profesores y estudiantes, (Sutton, 1998a; Schubauer-Leoni, 1986).

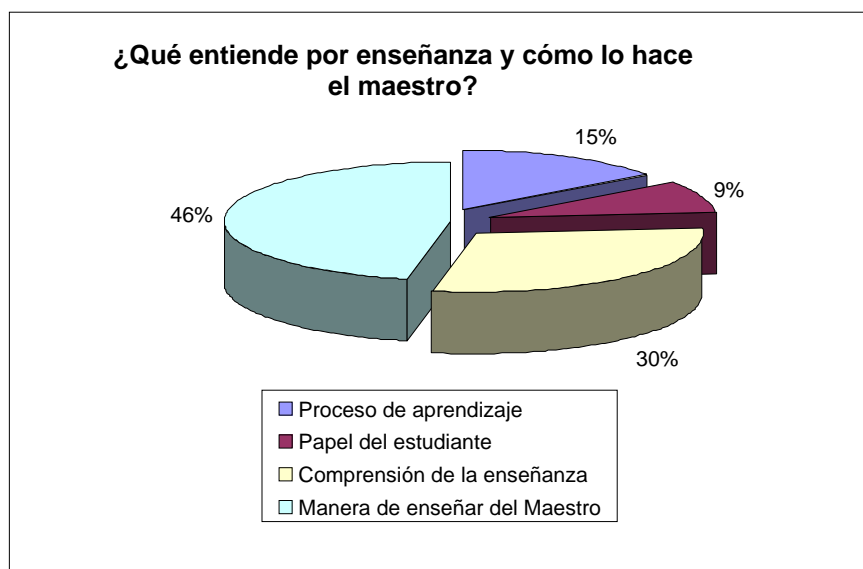
Los alumnos tienen que aprender a interpretar sus significados, a usarlos adecuadamente tanto las palabras como los conceptos según diferentes contextos, problemas o situaciones y a relacionarlos en el campo de un saber determinado. El empleo de los términos y los conceptos en contextos diferentes forma parte del lenguaje científico. En términos de Lemke (1997), los estudiantes deben aprender tanto el contenido científico de un discurso como las formas comunicativas en las que dicho contenido científico se expresa. La enseñanza de las ciencias deberá esforzarse para que los estudiantes desarrollen habilidades para entender el discurso de los modelos científicos esenciales subyacentes. Este proceso de apropiarse del significado preciso implica que el estudiante identifique los aspectos estructurales y funcionales del discurso que contribuyen a la construcción de sentido.

### ¿Qué entienden por enseñanza y cómo enseñan los profesores?

Las respuestas de los profesores a la pregunta ¿Qué entienden por enseñanza y cómo enseñan? Se organizaron de acuerdo con las siguientes subcategorías:

- Los que conciben la enseñanza en función de los procesos de aprendizaje de los estudiantes.
- Los que privilegian el papel del estudiante.
- Los que se refieren a la enseñanza misma y
- Los que hacen alusión a la manera de enseñarla (ver figura 3.7).

Detallaremos cada una de estas cuatro subcategorías.



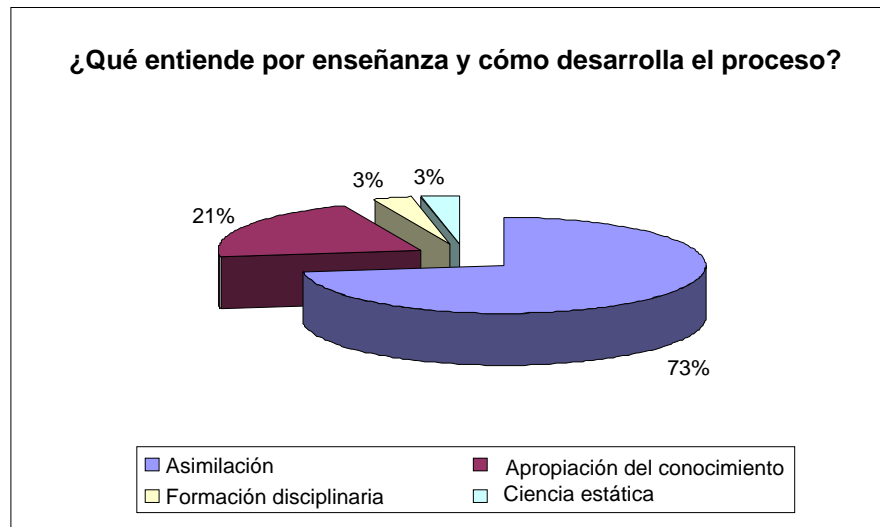
**Figura 3.7:** Distribución porcentual de las respuestas de los profesores acerca de la enseñanza

La figura 3.7 muestra la distribución porcentual de las cuatro subcategorías antes mencionadas, en las cuales destacamos que el 46% de las respuestas de los profesores se refieren específicamente a aspectos relacionados con el proceso de enseñanza.





El 15% de las respuestas de los profesores describe la enseñanza a partir de los procesos de aprendizaje, en los cuales destacan la asimilación (73%), la apropiación de conocimiento (21%) (ver figura 3.9).



**Figura 3.9:** Distribución porcentual de las respuestas de los profesores acerca de los procesos del aprendizaje de sus estudiantes.

En cuanto a la asimilación traemos a colación los siguientes textos a manera de ilustración:

6.7 “La enseñanza es la manera como hacemos que el conocimiento llegue a nuestros estudiantes. Hasta el momento he enseñado las ciencias naturales de una manera teórica y muy poco práctica”.

6.8 “Es transmitir una serie de nociones prediseñadas y esquematizadas...Las ciencias se han enseñado de una forma memorística, mecánica, a través de lecturas de otras experiencias.”

6.9 “Enseñanza es la metodología que utiliza el profesor para hacer que un determinado conocimiento sea asimilado por los estudiantes”.

6.12 “Enseñanza: es dar a conocer los contenidos de una materia”.

En cuanto a la apropiación del conocimiento vemos textos como los siguientes:

3.4 “La forma como nos apropiamos de los conocimientos que adquirimos”.

6.3 “Enseñanza es el proceso a través del cual el docente lleva al estudiante a adquirir o a construir conocimiento”.

6.17 “Adquirir un conocimiento del mundo que nos rodea. ...”.

8.4 “Aprendizaje: Forma como me apropio de este conocimiento”.

9.21 “Es necesario tener una adecuada apropiación del conocimiento ya que de allí parte todo el proceso para que se llegue a un aprendizaje”.

Ya en páginas anteriores discutimos, en forma general, las expresiones de los profesores que enfatizan los procesos de aprendizaje centrados en la asimilación/adquisición/apropiación del conocimiento. Sólo nos resta señalar la importancia que tiene para los profesores investigadores los procesos de aprendizaje ya descritos, conceptualizados en general sin precisar los componentes. Podríamos afirmar que se trata de un discurso generalizado de los profesores que les permite hablar de la educación, de la enseñanza y del aprendizaje sin haber alcanzado un conocimiento profundo y detallado de tales procesos. Otros conceptos con porcentajes menores se presentan en la siguiente tabla.

Subcategoría	Texto de los profesores
Formación disciplinar	6.18 “A través de las ciencias naturales despertar la tolerancia, el respeto, las inquietudes y el interés por experimentar y buscar la verdad de los fenómenos cada vez que se pueda, para encontrar la unión, la comprensión con los trabajos en equipo; los estudiantes aprenden a respetar la opinión de los compañeros, a tolerarse, a deducir que cada uno es un ser diferente con ideales propios”.
Ciencia estática	6.3 “Las ciencias se han enseñado de una manera teórica y como un cúmulo de conocimientos ya hechos, es decir, una visión de ciencia estática”.

El 9% del total de respuestas de los profesores se refiere específicamente al papel del estudiante en el proceso de enseñanza.

El 82% de las respuestas destaca la importancia del conocimiento del medio, con expresiones como las siguientes:

**Figura 3.10: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores acerca del papel del estudiante en los procesos de enseñanza**

6.11 “Conocer el medio en el cual vive, porque a medida que éste crece, aumenta su curiosidad por el mundo que lo rodea, hecho natural que se desarrolla a través de la edad”.

6.16 “Al crearle conciencia a los estudiantes de la importancia del medio y de todo lo que le rodea, adquiere el sentido de pertenencia y aprende a valorar y respetar la naturaleza”.

6.17 “Adquirir un conocimiento del mundo que nos rodea porque se aprende a hacer uso racional del medio y a cuidarlo”.

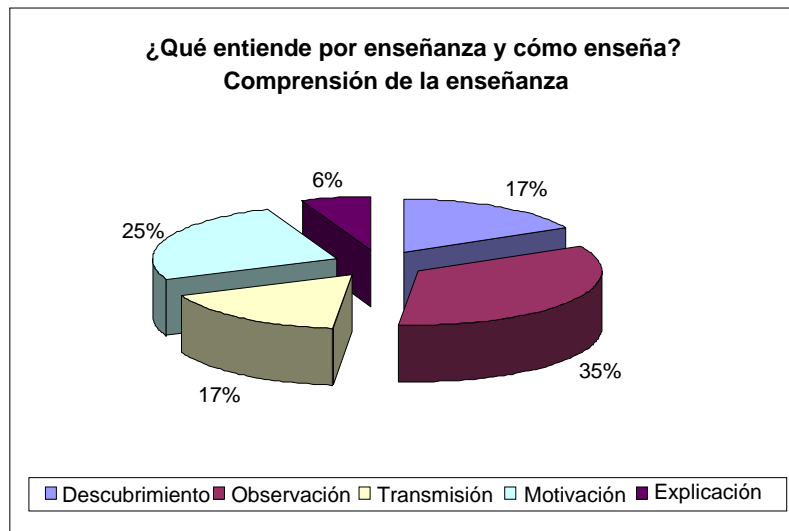
6.18 “Mediante esta clase podremos concientizar a nuestros alumnos sobre todas las bellezas que el medio nos ofrece, inducirlos a admirar, cuidar y proteger la naturaleza como medio básico de subsistencia actual y futura”.

6.22 “Si conocemos nuestro medio natural, su formación, su importancia, su desarrollo y sus efectos en nuestra vida, no solo de manera teórica sino práctica, esto nos conducirá a amar, cuidar y respetar ese medio en el cual cada uno se desenvuelve y aprende además a valorar la naturaleza y adquirir un mejor sentido de vida”.

Subcategoría	Textos de los profesores
Autoconocimiento	6.13 “Conocernos a nosotros mismos para conocer el mundo que nos rodea, porque si no me conozco, como voy a conocer el entorno. Si no pongo a funcionar mis competencias es porque las desconozco. Necesito descubrir mis fortalezas para descubrir que hace el otro con los objetos en la naturaleza”.
Actitudes hacia la ciencia	6.13 “Profundizar el conocimiento porque con el se llega a la investigación y a la experimentación, que permiten que el alumno desarrolle su talento y el amor por las ciencias”.  6.19 “Permitir un manejo adecuado de los recursos naturales y ambientales porque crea conciencia en los estudiantes del cuidado y valor de los recursos”.

30% de las respuestas de los profesores ¿Qué entienden por enseñanza y cómo enseñan? Se refiere a procesos relacionados con la comprensión de la misma. Esta subcategoría explora procesos de enseñanza tales como: motivación, acceso al conocimiento, explicación, transmisión, observación y descubrimiento (ver figura 3.11).

**Figura: 3.11. Distribución porcentual de las respuestas de los profesores a cerca de la comprensión de la enseñanza**



La figura anterior muestra el porcentaje de las respuestas de los profesores sobre la comprensión de la enseñanza. Destacan ciertos modelos de enseñanza como procesos importantes. En la tabla ilustramos con algunos textos del conocimiento científico de los profesores las principales subcategorías referidas.

Subcategoría	Textos de los profesores
Motivación	<p>6.10 “Las ciencias naturales las enseño partiendo de un planteamiento general que despierte la curiosidad del estudiante”.</p> <p>6.16 “Despertar un vivo interés por la naturaleza, porque es bueno conocer y saber, por qué existen y suceden las cosas en ésta, como la enfrentamos y la disfrutamos”.</p>

Subcategoría	Textos de los profesores
Explicación	<p>6.11 “Saber el porque de las cosas, porque es importante conocer el origen, por qué se hizo, qué puede suceder, cuándo pasa, para responder todos los interrogantes planteados”.</p> <p>6.15 “Despertar un vivo interés por todo lo que forma la naturaleza, porque es bueno conocer y saber, por qué existen y suceden las cosas en la naturaleza, a qué nos enfrentamos y cómo podemos disfrutar de todas esas cosas”.</p> <p>6.22 “Conocer los fenómenos del lugar natural donde vivimos. Los eventos naturales de la vida adquieren sentido cuando se descubren sus causas, sus procesos y sus efectos en el desarrollo y transformación del medio”.</p>
Transmisión	<p>6.4 “Dar a conocer, transmitir, impartir un conocimiento y enseñar las ciencias partiendo de la observación, experimentación, hasta llegar al conocimiento”.</p> <p>6.5 “Enseñar es dar, es transmitir un conocimiento”.</p> <p>6.8 “Es transmitir una serie de nociones prediseñadas y esquemas que se manejan en diferentes corrientes. Las ciencias se han enseñado de una forma memorística, mecánica, leyendo de otras experiencias”.</p> <p>6.10 “Enseñar es la capacidad que tiene el maestro de ser otra persona para transmitir conocimiento e influir positivamente sobre algo o alguien de manera significativa”.</p>
Observación	<p>6.4 “Dar a conocer, transmitir, impartir un conocimiento y enseñar las ciencias partiendo de la observación experimental hasta llegar al conocimiento.</p> <p>6.5 Las ciencias naturales parten desde la observación y experimentación para llegar al concepto, al aprendizaje”.</p> <p>6.12 “Las ciencias naturales las enseño observado lo que hay a nuestro alrededor, comparando seres, sembrando plantas, haciendo experimentos sencillos”.</p>

Subcategoría	Textos de los profesores
Descubrimien- to	<p>6.2 “Motivar y orientar a otro para el descubrimiento o el conocimiento de algo”.</p> <p>6.13 “Fortalecer los procesos de observación, análisis, interpretación para llegar al descubrimiento”.</p> <p>6.20 “Descubrimiento. Después del conocimiento el ser debe aportar algo nuevo que sirva de meta a otros para seguir descubriendo recursos naturales para una mejor calidad de vida”.</p>

Desde la perspectiva constructivista se identifican algunos principios esenciales que usan los maestros en el aula, entre los cuales figuran los siguientes:

- Quienes aprenden construyen significados. No reproducen simplemente lo que leen o lo que les enseñan.
- Comprender algo supone establecer relaciones (...). Los fragmentos de información aislada son olvidados o resultan inaccesibles para la memoria.
- Todo aprendizaje en el ámbito académico depende de conocimientos previos.

Dentro de los planteamientos constructivistas existe un relativo acuerdo en concebir el aprendizaje como un cambio conceptual que requiere el reconocimiento de las preconcepciones de los alumnos. Tener conciencia de estos supuestos del constructivismo nos lleva a crear una amplia gama de estrategias metodológicas.

En esta perspectiva, cobra fuerza el logro de aprendizajes significativos, dentro de los cuales se asumen relaciones entre los conceptos, acción que potencia la significatividad en el aprendizaje. Todo nuevo aprendizaje logrado se hace a partir del conocimiento y experiencias previas de quien aprende; este proceso de aprendizaje nos convierte gradualmente en expertos en un campo del saber determinado; a su vez, el cúmulo de conocimientos propios en un campo del saber potencia posteriores aprendizajes. Esta red conceptual es producto de la historia propia de la persona, historia en la cual se reconocen sus intereses y motivaciones que contribuyen a la adquisición de nuevos conocimientos. Este proceso permanente de identificar relaciones de calidad y número, es una herramienta cognitiva que hace posible relacionar un nuevo aprendizaje ya construido



Este cambio de perspectiva en la enseñanza de las ciencias fue alimentado por los importantes aportes de dos disciplinas: la epistemología y los aportes de Kuhn, Lakatos, Feyerabend y Toulmin, ponen en evidencia las limitaciones del positivismo y abren un importante debate acerca de la naturaleza de las teorías científicas y su carácter relativo y evolutivo que ponen en crisis muchas de las presunciones del Movimiento de la Reforma del Currículo. Ya no se trata de enseñar una ciencia absoluta sino relativa, sometida a profundos cambios y a procesos más o menos acelerados (Porlán, 1992). El segundo aporte es el de la psicología del aprendizaje con Piaget, Ausubel, Kelly y Claxton, y más recientemente Giordan (1978), Host (1978), Driver (1986), Gil (1987), Furió (1994), Duschl (1995), entre otros.

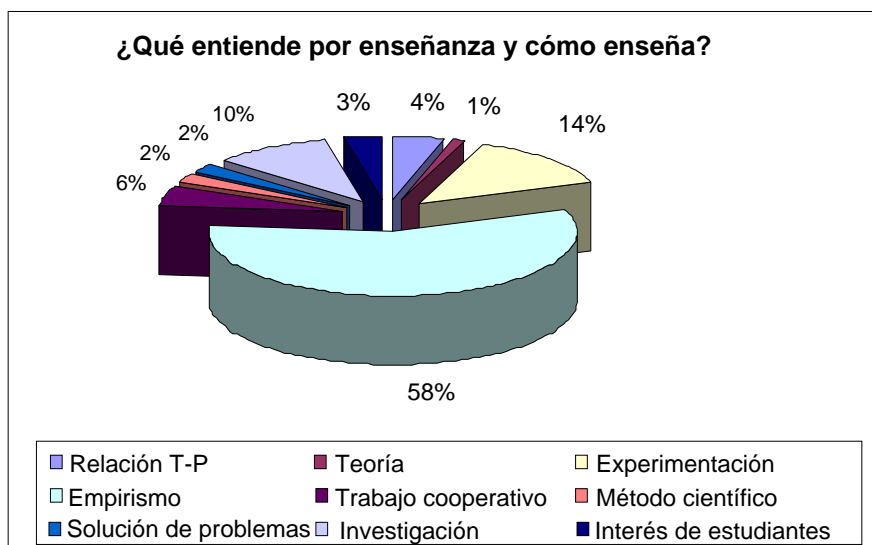
El 46% de las respuestas de los profesores a la pregunta ¿Qué entienden por enseñanza y cómo enseñan? se refiere específicamente a los procesos de enseñanza. De este porcentaje, 58% de las respuestas son ideas empíricas (ver figura 3.12).

Proponer postulados empiristas como centrales en la enseñanza nos permite reforzar la idea, ya discutida, en la cual vemos coherencia en el pensamiento de los profesores al hablar de ciencia, aprendizaje y enseñanza. Como se evidencia en los análisis anteriores, un alto porcentaje de las expresiones nos permite explorar el pensamiento de los profesores inspirado en propuestas empiristas. Considerar que la ciencia se construye a partir de la observación y de la experimentación se articula con procesos de enseñanza en los que el profesor considera indispensable organizar actividades en las cuales los estudiantes deben acercarse a los fenómenos a través de sus órganos de los sentidos. Así mismo, el aprendizaje de los estudiantes estaría mediado por la observación de los fenómenos que quiere aprender.

Con base en lo anterior, el colectivo de profesores tiene un conjunto de principios comunes y útiles para pensar los diversos procesos como la construcción de conocimiento científico, la enseñanza de las ciencias y los procesos de aprendizaje de conceptos, principios y teorías. En tal sentido, y desde la perspectiva de los modelos mentales, podemos hablar de un modelo coherente y consistente que los profesores activan cuando se enfrentan a preguntas tan diferentes como las surgidas a lo largo de este análisis, que se caracterizan por no ser técnicas ni científicamente correctas; para muchas personas es suficiente que el modelo permita traducir ciertas observaciones (representaciones simbólicas) en acciones o encontrar cierta correspondencia entre sus modelos y los eventos externos. En este mismo sentido es importante destacar que los modelos mentales son dinámicos y evolucionan permanentemente al interactuar con el contexto. Además, son incompletos, in-

estables, inespecíficos y parsimoniosos. Independientemente de estas características, los modelos mentales se pueden usar adecuadamente (Norman, 1983, Johnson-Laird, 1983, Vosniadou, 1992, 1997).

**Figura 3.12: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores a la pregunta ¿Cómo enseña?**



Los modelos son de gran importancia para la formación académica del científico, sin embargo, no son de uso privativo de éstos. Los modelos los encontramos en cualquier intento sistemático de usar el lenguaje para relacionarnos con los objetos de la realidad. Los modelos teóricos son sistemas idealizados, son entidades socialmente construidas, no tienen más realidad que las que les confiere la comunidad en la cual fueron creados. En términos de Giere (1992), los modelos funcionan como representaciones, son los medios usados por los científicos para representar el mundo para sí mismos y para los demás.

El uso de estos modelos mentales nos permite integrar o relacionar la información que tenemos en nuestra mente con la información suministrada por los órganos de los sentidos. En este proceso de conocer el mundo participan, entonces, las creencias, las ideas que tenemos acerca de él, así como lo que éste es en sí mismo; en otras palabras, el conocimiento del mundo depende

tanto de nuestro sistema nervioso como de nuestras experiencias. Desde esta perspectiva, en la construcción de los modelos mentales influye la percepción visual, la comprensión del discurso, el razonamiento, la representación del conocimiento y la pericia. Están limitados, a su vez, por los conocimientos técnico-científicos de la persona, por su experiencia previa, por la forma de procesar la información y por aspectos emotivos con respecto al contexto de construcción del modelo mental. Es en ese proceso de interacción con el medio, con los otros, y con los artefactos tecnológicos que construimos los modelos mentales internos (Norman 1983).

Parece claro, entonces, que las diferentes expresiones de los profesores sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje, las ideas que tenemos del maestro, el estudiante y, en términos generales, los procesos educativos que se dan en el aula de clase sobre la enseñanza de las ciencias, están profundamente influenciados por principios empiristas, pese a los desarrollos teóricos opuestos.

El siguiente cuadro presenta nuevos datos que sustentan la conclusión señalada.

Subcategoría	Texto de los profesores
--------------	-------------------------

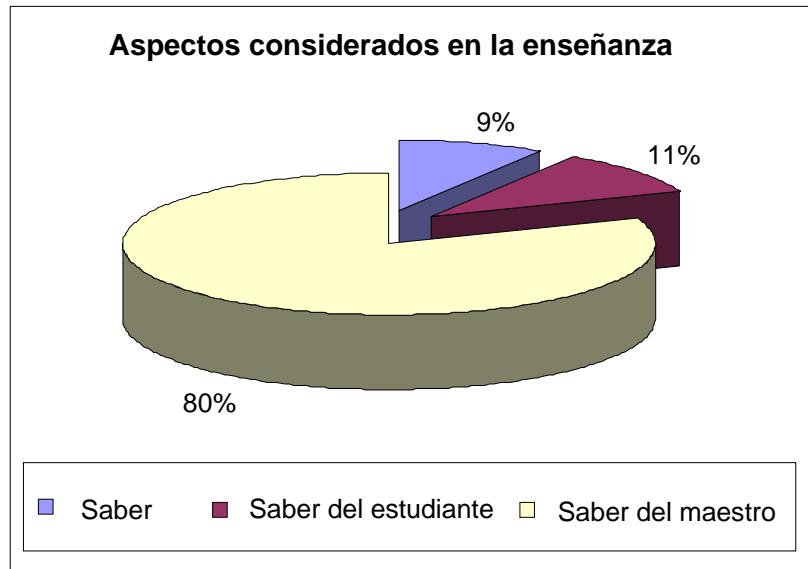
Subcategoría	Texto de los profesores
Empirismo	<p>6.5 Las ciencias naturales parten de la observación y experimentación para llegar al concepto, al aprendizaje.</p> <p>6.6 Entiendo por enseñanza la capacidad que posee una persona para que otra aprenda un conocimiento determinado. Ejemplo, si digo a un niño que un ser vivo está compuesto de átomos y células y le dejo únicamente el concepto, él lo aprende de memoria, pero si le muestro en el microscopio el átomo y las células, el mismo se forma el concepto de célula y átomo. Las ciencias empíricas se enseñan y aprenden únicamente experimentando y compartiendo las observaciones, hipótesis y conclusiones de los trabajos con el grupo.</p> <p>6.9 Las ciencias naturales las enseñó así:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación del medio ambiente.</li> <li>• Manipulación del material real, descripción del mismo.</li> <li>• Elaboración de gráficas, y explicación del tema.</li> <li>• Evaluación del tema mediante preguntas o trabajos, dibujos, resúmenes.</li> </ul> <p>6.12 Las ciencias naturales las enseño observando lo que hay a nuestro alrededor, comparando los seres, sembrando plantas, haciendo experimentos sencillos.</p> <p>6.18 Con la observación y el método práctico teórico se podrán resolver muchas inquietudes e interrogantes sobre las causas y consecuencias de los hechos que ocurren en nuestra realidad. Igualmente se fomentará el espíritu solidario mediante el trabajo en equipo.</p> <p>6.25 Que el niño descubra el mundo que lo rodea a través de experimentos, los fenómenos y sus propias creaciones.</p>
Método científico	<p>6.2 Las ciencias las enseño tomando como base principal el método científico, colocando al estudiante en contacto con los hechos, para que él observe, infiera, cree hipótesis, experimente y descubra.</p>
Resolución de problemas	<p>6.16 Tratar que los estudiantes se ubiquen en el medio en el cual viven para que ellos busquen la solución a sus problemas.</p>

Subcategoría	Texto de los profesores
Construcción de conocimiento	6.3 Enseñanza es el proceso a través del cual el docente lleva al estudiante a adquirir o a construir conocimiento.
Investigación	6.15 Desarrollar ese espíritu observador que puedan tener los niños, porque siempre hay que estimularlos para que se proyecten y desarrollen ese espíritu investigador que tienen oculto. 6.24 Aprender haciendo a través de la investigación. Se profundiza en las ciencias naturales y se centra el interés en los estudiantes que los llevará a realizar otras investigaciones en otro campo.

### **Aspectos que hay que tener en cuenta al enseñar**

Las respuestas de los profesores se agruparon en las tres categorías siguientes: el saber, el saber del estudiante y el saber del maestro. Estos tres aspectos coinciden con los identificados como esenciales en el estudio de la didáctica de las ciencias, hecho evidente en la red semántica en la cual aparecen algunas de las principales relaciones de la triada Maestro–Saber–Alumno (ver figura 3.13).

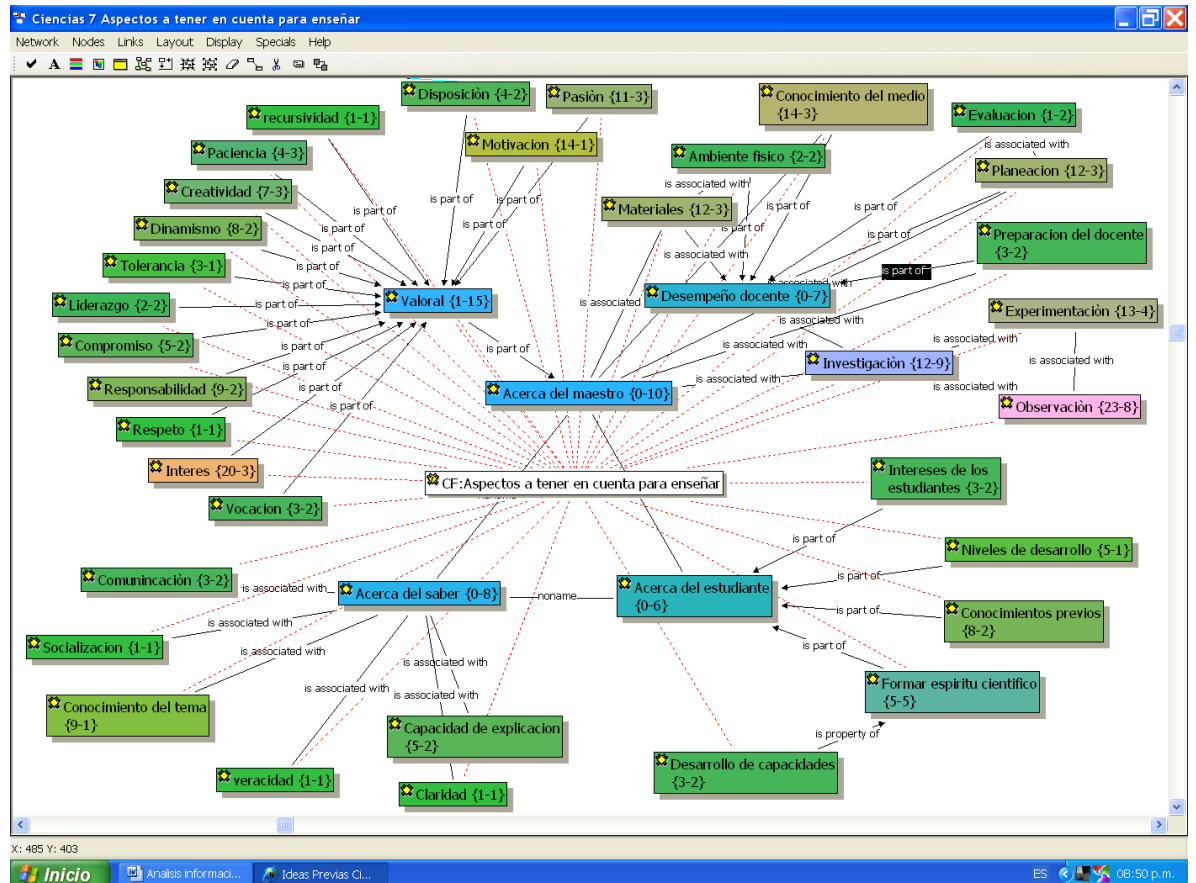
**Figura 3.13: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores relacionados con los aspectos que se deben tener en cuenta en la enseñanza.**



De las respuestas de los profesores relacionadas específicamente con los aspectos que se deben tener en cuenta en la enseñanza, 80 % se refieren al maestro, 11 % al estudiante y 9 % al saber.

A continuación nos detendremos en cada una de estas subcategorías después de presentar la red semántica, mapa general de las diferentes discusiones realizadas con base en las expresiones elaboradas por los profesores (ver figura 3.14).

**Figura 3.14: Red semántica que reúne las principales categorías, subcategorías y relaciones de los aspectos que deben tenerse en cuenta en la enseñanza**



La distribución porcentual de la subcategoría *acerca del saber* se presenta en la figura 3.15. El 45% de las respuestas de los profesores destacan la importancia del conocimiento del tema en el proceso de enseñanza.

En cuanto al conocimiento del tema encontramos expresiones de los profesores opuestas. En primer lugar quienes señalan la necesidad de conocimiento de la información para no generar distorsiones en el conocimiento que se enseña, hecho relacionado con la correcta asimilación del conocimiento. Es-

tas reflexiones planteadas por los profesores parecen desconocer que la transposición didáctica (Chevallard 1985, Gómez 2005) acepta que los conocimientos enseñados y aprendidos sufren transformaciones y que el profesor debe vigilar para que lo enseñado no se distancie demasiado de lo aceptado por la comunidad académica específica.

7.1 “Tener un buen conocimiento de lo que se pretende enseñar, porque si no se sabe a conciencia lo que se desea enseñar, se confunde al estudiante distorsionando el conocimiento”.

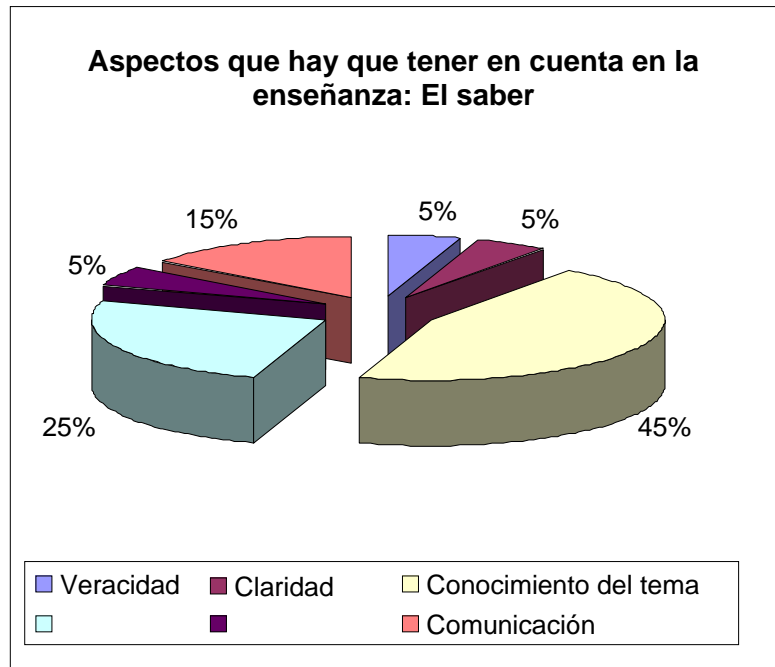
8.15 “Tener una preparación adecuada... debe estar bien informado y documentado para resolver interrogantes o dudas de los alumnos para que el conocimiento se asimile correctamente”.

7.9 “... buena preparación por parte del profesor. Tener muy claros los conceptos para poderlos transmitir a los alumnos”.

5.21 “Dominio temático: al llegar ante cualquier grupo de personas debemos estar muy seguros de lo que transmitimos, pues error que se transmite, error que se repetirá “n' veces”.



**Figura 3.15: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores acerca de la importancia de los saberes específicos en el proceso de enseñar**



Frente al concepto de verdad conviene señalar la dinámica actual aceptada por un importante grupo de epistemólogos quienes reconocen la importancia de verdades universales, verdades últimas. Desde otras perspectivas se reconoce que las elaboraciones de los científicos corresponden a modelos teóricos que nos permiten relacionarnos con el mundo, con los fenómenos y que estos modelos se encuentran en un proceso continuo de cambio.

De otra parte, una reflexión importante identificada en las respuestas de los profesores destaca el papel de los conocimientos, no con el propósito central de transmitir conocimientos terminados, sino con el de desarrollar el pensamiento crítico y reflexivo a partir del uso de los diferentes conocimientos. En este caso, la propuesta se orienta al desarrollo del pensamiento y una de las herramientas y estrategias empleadas es el conocimiento. En otras palabras, no interesa el aprendizaje de conceptos, principios y teorías en sí mismos, sino su contribución a la formación del pensamiento.

7.8 “Tener elementos conceptuales. Llevar al estudiante al concepto a través de niveles de pensamiento reflexivo, crítico, analítico”.

Sin lugar a dudas una buena capacidad de explicación es fundamental en todo proceso educativo, como se evidencia en los siguientes textos:

7.1 “Tener capacidad de hacerse entender. Saber explicar y llegar al estudiante haciendo accesible el conocimiento”.

8.12 “...enseñanza – aprendizaje es dar a conocer los contenidos”.

9.15 “Preparación – transmisión de conocimiento. Muchas veces se puede tener la suficiente preparación pero nos falta la capacidad para dar ese conocimiento, no encontramos la forma adecuada para llegar al alumno y se hace necesario buscar nuevas alternativas”.

Frente a este proceso educativo los textos citados nos muestran claramente el dominio de un modelo comunicativo en el cual una de las funciones del profesor es “*dar a conocer los contenidos*”. Estos aspectos comunicativos, en la presente investigación tienen como objetivo central destacar la importancia del uso de diferentes lenguajes en el contexto del aula y, así, tomar distancia frente a aquellas perspectivas educativas en las cuales se considera la función comunicativa del lenguaje como la más importante.

El estudio del lenguaje en el campo del saber de la enseñanza de las ciencias cobra importancia al reconocer la amplia tradición comunicativa que mantiene la escuela. La socialización del conocimiento en el ámbito escolar ha seguido patrones básicamente discursivos, con predominio del lenguaje verbal, (oral y escrito), por parte de los profesores, los textos y los estudiantes. En la elaboración de las múltiples representaciones tanto de parte del profesor en sus procesos de enseñanza, como del alumno en su aprendizaje, se emplean diferentes lenguajes que participan de manera integral en la formación de los conceptos por parte de los estudiantes. El empleo de estas múltiples formas de representación de los conceptos científicos en los procesos de enseñanza, se potencian en el uso de las TIC en el diseño de ambientes de aprendizaje, que constituyen una estrategia potente para el aprendizaje de los conceptos científicos (Jewitt 2000, Scott 2000).

Diferentes investigadores estudian el discurso en la clase desde una perspectiva multimodal (Lemke 1999, Martins 2000, 2001, Scott 2000, Jewitt 2000, Mortimer 1998). En tales estudios se investigan los diferentes tipos de lenguajes empleados en la clase y sus aspectos retóricos; se hace referencia, por ejemplo, al lenguaje oral, al escrito, al gestual y al corporal. El estudio del discurso desde la perspectiva multimodal reúne los aportes específicos de los estudios del lenguaje escrito–oral en clases de ciencias y los integra con los

otros lenguajes, empleados por profesores y estudiantes, TIC, y libros de texto, para lograr una mejor comprensión de la formación y evolución de los conceptos estudiados.

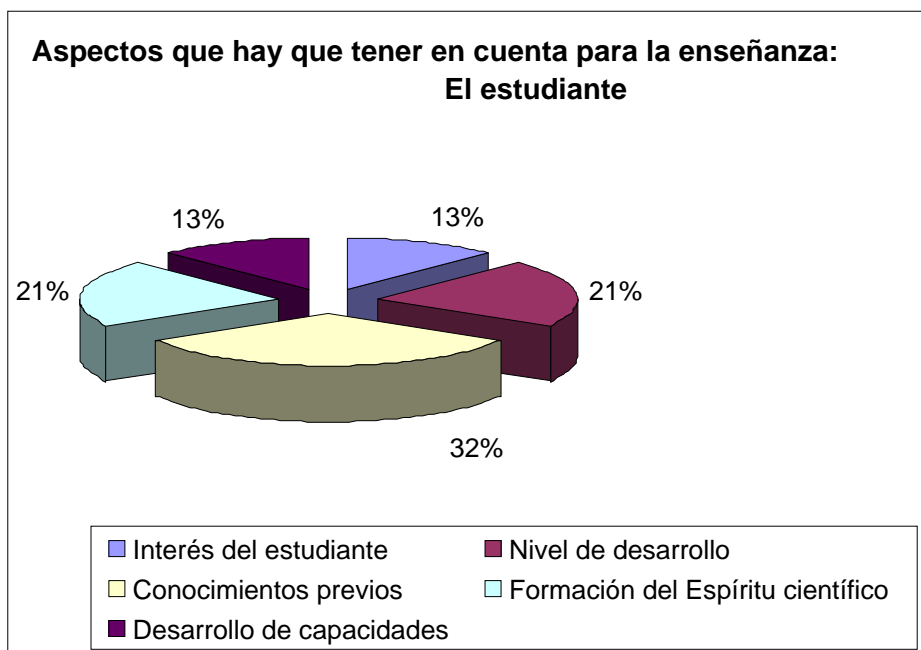
A continuación presentamos algunas consideraciones generales para destacar la importancia del estudio del lenguaje desde una perspectiva multimodal.

- El análisis del discurso, y con él el del lenguaje, nos permite acercarnos cualitativamente a diferentes representaciones que tienen los estudiantes de distintos hechos o fenómenos.
- El análisis multimodal del discurso utilizado por los estudiantes en el aula nos informa acerca de elementos esenciales de diferente naturaleza, dentro de las representaciones realizadas.
- La gran importancia que tiene para la escuela el estudio de los diferentes lenguajes, hace de éstos una herramienta imprescindible para la comunicación y para la estructuración del pensamiento.
- La formación de los conceptos científicos y el logro de la evolución conceptual están íntimamente relacionados con el uso adecuado del discurso científico, hasta el punto de considerarlos inseparables.

La importancia actual de los estudios del lenguaje reside en una amplia gama de aspectos: sus funciones comunicativas privilegiadas en la educación, como mediadora y reguladora del desarrollo del pensamiento de los estudiantes y, su contribución en la elaboración de los significados. Dentro de esta nueva perspectiva del uso del lenguaje se destaca la necesidad de encontrar nuevas formas de mirar y de hablar que impliquen la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje (Arca y col. 1990, Jewitt 2000, Martins 2000, Sutton 1998) que propicien, a la vez, el uso de diferentes puntos de vista frente a las situaciones que se le presentan.

El 32% de las respuestas de los profesores acerca de su trabajo con los estudiantes destacó la importancia de los conocimientos previos (ver figura 3.16).

**Figura 3.16: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores acerca del papel del estudiante en los procesos de enseñanza**



Sin lugar a dudas, uno de los postulados centrales de las perspectivas constructivistas en la educación, reconoce la importancia de los conocimientos previos o concepciones alternativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La discusión aquí planteada ha sido recurrente en la historia de la ciencia; las posiciones que entran en juego y que aún están en discusión son, de una parte, quienes defienden las ideas innatas y, de otra, aquellos que defienden la idea de una mente pasiva. Obviamente la perspectiva constructivista no es ajena a dicha polémica.

Algunas de las expresiones de los profesores destacan el papel de las ideas previas:

7.13 “Las ciencias naturales las enseño partiendo de los presaberes del estudiante, luego, una etapa de observación, descripción y análisis del material alusivo al tema que se va a trabajar”.

7.18 “Ajustándonos a nuestra realidad y a las posibilidades que el medio y el colegio nos puede proporcionar. También se tienen en cuenta las necesidades y las diferencias individuales de los estudiantes”.

7.24 “Las ciencias naturales las enseño recogiendo primero los conocimientos que ellos traen de casa; la observación, la transmisión del conocimiento como tal y luego la experimentación, si el tema se presta para ello...”.

Las concepciones alternativas se refieren a las nociones que los alumnos traen consigo antes del aprendizaje formal de determinada materia. Para algunos autores las ideas de los estudiantes suelen estar fragmentadas, no tienen estructura definida y delimitada y son con frecuencia de naturaleza intuitiva y la mayoría de las veces erróneas. Además, generalmente, los estudiantes no son conscientes de dichas concepciones, ya muy arraigados y difíciles de cambiar. Otras de las características más importantes de las concepciones alternativas de los estudiantes son:

1. Una concepción alternativa es una representación, no necesariamente explícita, del estudiante acerca de un hecho o de un fenómeno. Esta representación puede evolucionar a medida que se construye el conocimiento.
2. El origen de las concepciones es tanto individual como social. Éstas se construyen a lo largo de la vida del individuo mediante la influencia de los diferentes contextos en los cuales participa.
3. Las concepciones a se presentan asociadas a una modelos de enseñanza superficiales, caracterizados por respuestas rápidas, poco reflexivas y que dejan entrever seguridad en los estudiantes (Gil y Carrascosa, 1990).
4. Paralelismos entre la evolución de determinados conceptos de la historia de la ciencia y las ideas que los alumnos tienen sobre ellos.
5. Algunas de las ideas de los estudiantes tienen un rango de aplicación diferente, en general, más amplio que el de los científicos. Son ideas que se pueden encontrar en contextos muy diferentes y corresponder a situaciones muy variadas.

Si bien, actualmente el interés por el estudio de las concepciones alternativas ha disminuido debido principalmente a críticas orientadas a señalar que no es suficiente conocer las ideas de los estudiantes sobre un tema determinado, ideas que están lo suficientemente referenciadas en la literatura (Pfundt y Duit, 1994; Duit, 1993; Martínez, 1998), y *no hacer nada con ellas*, es necesario reconocer el gran aporte de esta línea de investigación que marcó en buena

parte el origen de la didáctica de las ciencias, como una nueva disciplina científica (Driver 1985, Viennot 1979).

Uno de los aportes más importantes de esta línea de investigación fue mostrar la necesidad de pasar de una visión simplista de enseñanza, centrada en lo conceptual, a una visión compleja, que integra en la realidad del aula aspectos conceptuales, individuales, contextuales, epistemológicos y sociales, que permiten una mejor comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje y, a su vez, orientan posibles caminos para la enseñanza de las ciencias que respondan mejor a las actuales exigencias sociales y culturales.

Otras respuestas, menos frecuentes en los textos de los profesores, destacan la importancia de organizar la enseñanza a partir de los intereses de los estudiantes y ubicar las diferentes actividades de enseñanza de acuerdo con el nivel de desarrollo de los alumnos, tal como se ilustra a continuación.

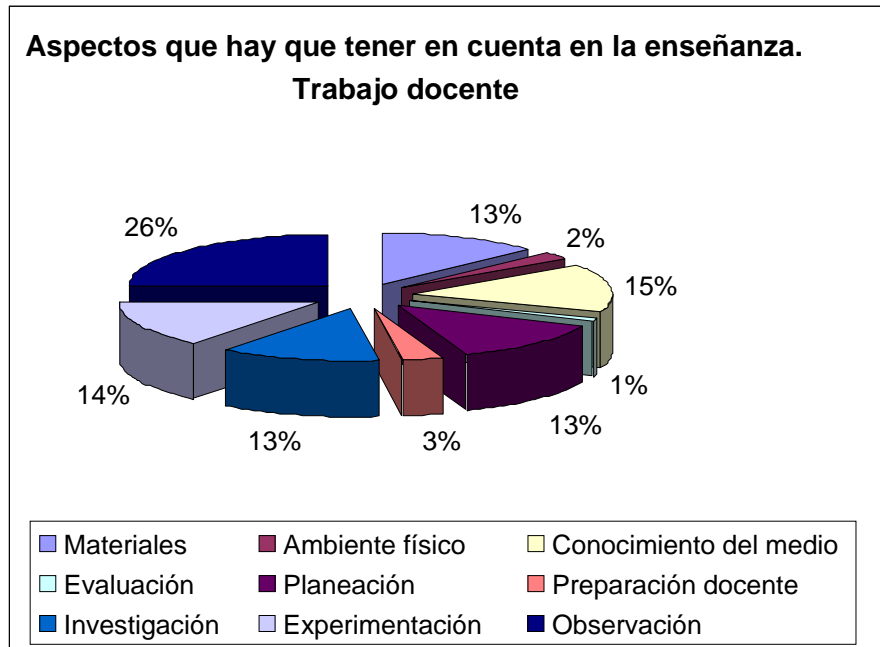
Subcategoría	Textos de los profesores
Intereses de los estudiantes	7.2 “Realizar una evaluación diagnóstica, para descubrir intereses de los estudiantes. Si el estudiante se siente motivado hacia el objeto de estudio, el trabajo será más ameno y el aprendizaje significativo”. 7.19 “En otras clases de manera creativa... partiendo de los intereses del niño,...”
Niveles de desarrollo	7.8 “Llevar propuestas o actividades acordes con los niveles de desarrollo de los niños. Es importante que el estudiante encuentre un docente seguro de lo que quiere transmitir y motivar en ellos”.

En cuanto a los intereses de los estudiantes, en apartados anteriores destacamos la necesidad de partir de éstos y de motivaciones intrínsecas de ellos, aspecto que actualmente se reconoce como esencial en el ámbito educativo. En términos generales podríamos afirmar que una condición *sine qua non* para el logro de aprendizajes en profundidad es reconocer intereses y motivaciones de los estudiantes y organizar las actividades de la enseñanza a partir de éstos.

El aporte de los profesores para realizar “*actividades acordes con los niveles de desarrollo de los niños*”, ha generado mucha discusión. Sin entrar en detalles de las tradiciones de investigación piagetianas y vygotskianas en torno al problema de desarrollo y educación, la pregunta central es si conviene ajustar las actividades educativas a los estadios de desarrollo de los estudiantes o si, por el contrario, es preferible organizarlas de tal manera que jalonen procesos de desarrollo. En otras palabras, esperamos que los estudiantes logren ciertos desarrollos cognitivos para enseñarles determinados conceptos o, enseñamos los conceptos para facilitar el desarrollo cognitivo. Surge entonces una tercera vía que integra las dos tradiciones anteriores en la cual la interacción constante del hombre con un ambiente sociocultural complejo (Brunner, 1981, 1984; Vygotski, 1989) hace que el individuo construya permanentemente nuevas estructuras intelectuales, a partir de estructuras previas. Tanto las unas como las otras han sido el producto de la conjunción de los factores individuales (biológicos, genéticos) con los socioculturales (contexto, lenguaje, cultura). Este proceso continuo de adaptación del hombre a su contexto requiere la capacidad de su intelecto para organizar el pensamiento, la historia personal, los intereses y la experiencia, como formas específicas de conducta.

El 80% de las respuestas de los profesores a la pregunta “aspectos que hay que tener en cuenta en la enseñanza”, se refieren al maestro. Al interior de esta subcategoría nos referiremos al trabajo docente y a la dimensión valoral destacada por los maestros (ver figura 3.17).

**Figura 3.17: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores de la influencia del trabajo docente en los procesos de enseñanza**



En las discusiones realizadas hasta el momento en relación con el pensamiento de los profesores destacamos el conocimiento del medio.

7.17 “Con una metodología práctica que se ajuste a las necesidades de los estudiantes y a lo que el medio nos permita saber”.

7.18 “Ajustándonos a nuestra realidad y a las posibilidades que el medio y el colegio nos puedan proporcionar. También se tienen en cuenta las necesidades y diferencias individuales de los estudiantes”.

La comunidad educativa acepta la exigencia hecha a los maestros de la importancia del conocimiento del contexto en el cual actúan. En tal sentido, los lineamientos nacionales de la formulación del PEI de cada una de las instituciones exigen que las diferentes actividades educativas partan del reconocimiento detallado de las fortalezas y necesidades de las regiones donde está ubicada la institución educativa. Esta misma necesidad, la documenta Shulman al reconocer que el conocimiento del contexto es uno de los aspectos

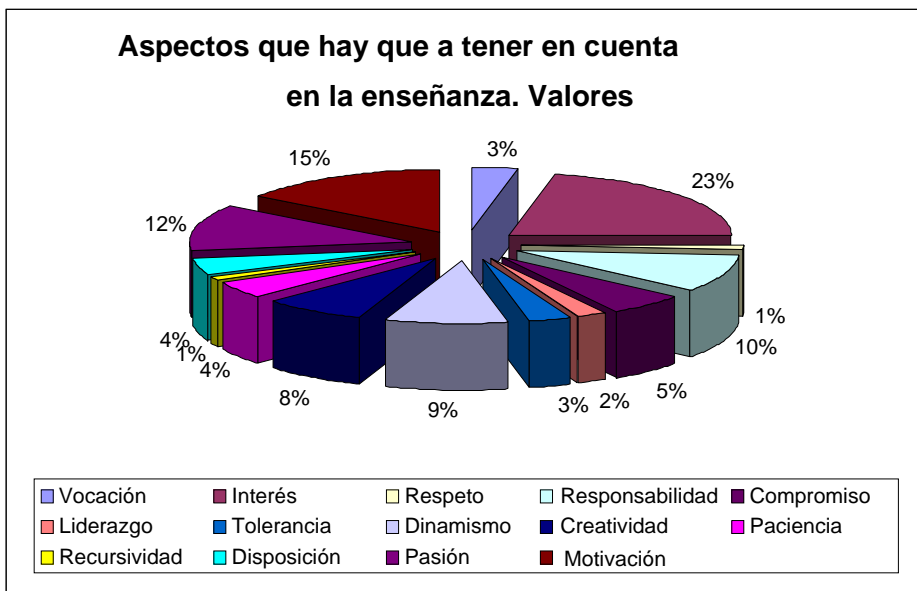


que deben integrar los profesores en su ejercicio docente, posición diferente de quienes han considerado que para ser maestro lo único que se requiere es el dominio de la materia que se enseña. Los otros tipos de conocimientos básicos de la enseñanza, según el autor mencionado son:

- Conocimiento pedagógico general
- Conocimiento curricular
- Conocimiento de los estudiantes
- Conocimiento del contenido
- Conocimiento de la historia y filosofía de la educación.

Un aspecto central relacionado con los conocimientos que requiere la enseñanza se refiere al componente valoral del maestro (ver figura 3.18).

**Figura 3.18: Distribución porcentual de las respuestas de los profesores que destaca la importancia de los valores de la enseñanza.**



De la figura anterior destacamos la riqueza de las respuestas de los profesores, quienes en sus textos muestran el compromiso con la educación, como lo veremos a continuación:

Subcategorías	Textos de los profesores
Dinamismo	7.7 Dinamismo y compromiso, porque el docente debe asumir el compromiso y documentarse mejor cada vez que vaya a dar la clase, además debe hacerla tan dinámica y amena que el estudiante no quiera salir de allí.
Respeto	7.7 El respeto. Es importante porque al interactuar, todos pueden opinar y cada una de las opiniones tiene valor y merece ser reconocida.
Vocación	5.23 Vocación. Si no se ama lo que se hace es difícil obtener resultados. 5.23 Mística. La mística la tomo como capacidad de entrega y

	de conocimiento de cada uno de sus educandos. Es lo que he querido trabajar, lo que me gusta, lo que me motiva a hacer algo.
Motivación	<p>7.4 Motivación. Porque con una buena motivación e inducción se harán más amenas las clases y obtendremos más participación de los estudiantes.</p> <p>7.9 La buena disponibilidad del profesor y de los alumnos. Debe haber un ambiente de trabajo, y debe haber buena motivación, y buena preparación por parte del profesor. Tener muy claros los conceptos para poderlos transmitir a los alumnos.</p> <p>7.12 Motivación, es importante para que los alumnos demuestren ánimo, interés, voluntad para estudiar las ciencias naturales.</p>

Aspectos como la emoción, el afecto y el compromiso ubican los procesos educativos en dinámicas diferentes de las ya tradicionales en las cuales el acento central era lo conceptual. En términos generales, uno de los principales problemas de la educación, especialmente, en la secundaria, es que los estudiantes no están interesados en las ciencias, no quieren estudiar y como el aprendizaje de las ciencias es una tarea intelectualmente exigente, fracasan en su aprendizaje (Pozo y Gómez 1998). Es clara la relación existente entre la motivación y el aprendizaje. Sin embargo, tradicionalmente se ha considerado que la motivación es responsabilidad de los alumnos. En términos de Claxton (1984), esta falta de motivación en el aula obedece a que los intereses de los educandos son diferentes de los propuestos por el sistema, la motivación no solo es una de las causas de la falta de aprendizaje de las ciencias, sino una de sus primeras consecuencias. Motivar, es entonces cambiar las prioridades de una persona, sus actitudes ante el aprendizaje.

### **Características del proceso enseñanza–aprendizaje**

La distribución de las frecuencias en el proceso enseñanza–aprendizaje se presenta en la figura 3.19. Destacamos el énfasis señalado por los profesores en la investigación como dinamizadora de dicho proceso, aspecto ya discutido. A continuación presentamos algunas de las expresiones de los profesores que ilustran esta categoría:

Buen orientador

9.11 “Saber orientar los temas para que el estudiante pueda aprender con facilidad”..

9.8 “Dar oportunidades para que el aprendizaje sea significativo, con nuevas estrategias”.

9.19 “Si hay una óptima enseñanza o sea una buena motivación, entonces el aprendizaje será más fácil”.

#### Apertura al conocimiento

9.1 “Abierto al conocimiento. Que no crea que todo se lo sabe y que ya no necesita documentarse más”.

9.3 “De mentalidad abierta. Quiere decir que debe valorar el cambio, que vea en lo insólito una oportunidad, que vea en el absurdo una posibilidad”.

#### Investigación

9.8 Investigación y estudio

#### Relación teoría–práctica

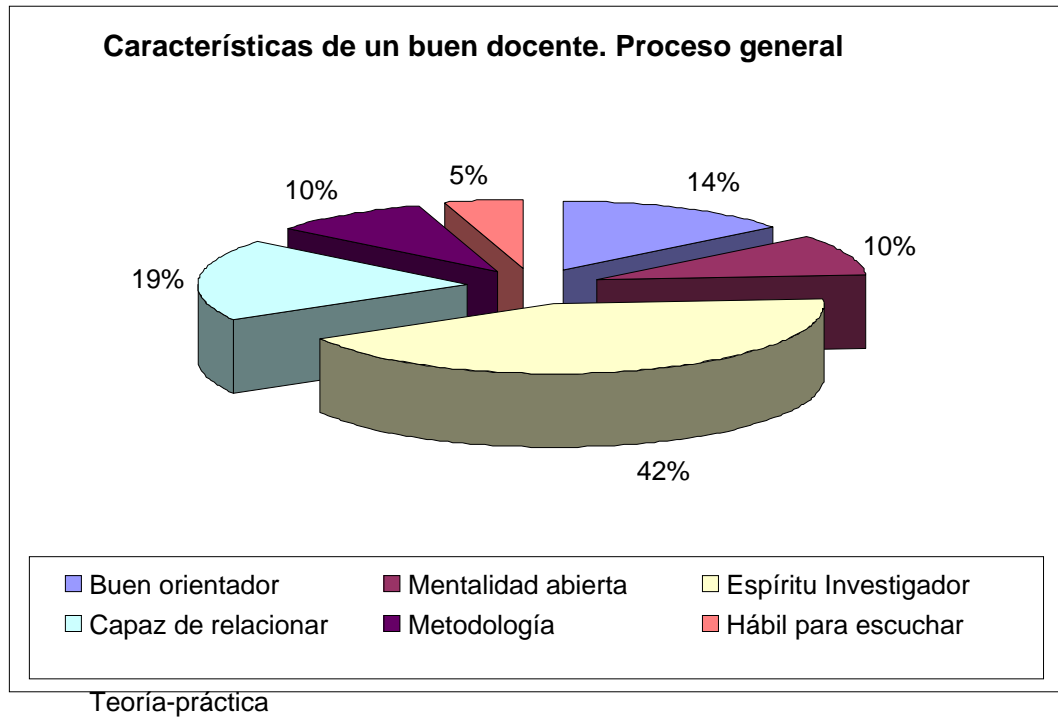
9.16 “Que el estudiante pueda llevar a la práctica lo aprendido a través de la enseñanza y demostrar ante sus compañeros los conocimientos adquiridos”.

#### Metodología

9.21 “La metodología puesto que con base en ella depende el éxito o fracaso del aprendizaje”.

9.23 “La metodología: saber transmitir implica que quien está bajo nuestra responsabilidad, tenga o logre la capacidad de apropiarse del conocimiento y transformarlo”.

**Figura 3.19: Distribución porcentual de las características de un buen proceso de enseñanza desde la perspectiva del desempeño docente.**



## **Segunda parte**

### **Construcción de unidades didácticas desde una perspectiva multimodal**

## **Capítulo 4**

### **Multimodalidad en el aula Aspectos conceptuales<sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> Capítulo elaborado por Oscar Eugenio Tamayo

## Multimodalidad en el aula

Diferentes investigadores estudian el discurso en la clase desde una perspectiva multimodal (Lemke 1999, Martins 2000, 2001, Scott 2000, Jewitt 2000, Mortimer 1998). En tales estudios se investigan los diferentes tipos de lenguajes empleados en la clase y sus aspectos retóricos; se hace referencia, por ejemplo, al lenguaje oral, escrito, gestual y corporal. El estudio del discurso desde la perspectiva multimodal reúne los aportes específicos de los estudios del lenguaje escrito–oral en las clases de ciencias y los integra con los otros lenguajes, empleados tanto por profesores como por estudiantes, TIC, y libros de texto, para lograr una mejor comprensión de la formación y evolución de los conceptos estudiados.

A continuación, presentamos algunas consideraciones generales en las cuales destacamos la importancia del estudio del lenguaje desde una perspectiva multimodal:

- El análisis del discurso, y por ende del lenguaje, permite acercarnos cualitativamente a diferentes representaciones de los estudiantes sobre distintos hechos o fenómenos.
- El análisis multimodal del discurso utilizado por los estudiantes en el aula nos muestra elementos de diferente naturaleza, fundamentales en el proceso de construcción de representaciones.
- La gran importancia que tiene para la escuela el estudio de los diferentes lenguajes, hace de éstos una herramienta imprescindible tanto para la comunicación como para la estructuración del pensamiento.

La formación de los conceptos científicos y el logro de la evolución conceptual están íntimamente relacionados con un uso adecuado del discurso científico, hasta el punto de considerarse inseparables.

La importancia de los estudios actuales del lenguaje reside en una amplia gama de aspectos entre los que destacamos: sus funciones principales como medio de comunicación privilegiada en la educación, como mediador y regulador del desarrollo del pensamiento de los estudiantes y, de la elaboración de los significados. Dentro de esta nueva perspectiva del uso del lenguaje necesitamos encontrar nuevas formas de mirar y de hablar que incluyan la



participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje y que propicien, a la vez, el uso de diferentes puntos de vista, frente a las situaciones que surjan.

El estudio del lenguaje en el campo del saber de la educación en ciencias es importante porque reconoce la amplia tradición comunicativa de la escuela. La socialización del conocimiento en el ámbito escolar ha seguido patrones básicamente discursivos con predominio del lenguaje verbal (oral y escrito), por parte de profesores, textos y estudiantes. Pese a la importancia del lenguaje oral–escrito en los procesos de enseñanza aprendizaje, hay que reconocer que en el aula de clase este no es el único lenguaje empleado. En la elaboración de las múltiples representaciones, tanto del profesor en sus procesos de enseñanza, como del alumno en su aprendizaje, se emplean diferentes lenguajes que participan en la construcción y re–construcción de las representaciones. El empleo de estas múltiples formas de representación de los conceptos científicos en los procesos de enseñanza se potencian con el uso de las TIC en el diseño de ambientes educativos y constituyen una potente estrategia para la adquisición de los conceptos científicos (Jewitt 2000, Scott 2000).

Si bien se reconoce la importancia actual de los estudios del lenguaje, éste no siempre se interpreta de la misma forma. El lenguaje es considerado por la psicología cognitiva como un vehículo para expresar el pensamiento, mientras que para algunas tendencias en los estudios histórico–culturales, el lenguaje es visto como el medio de desarrollo del pensamiento. Para la psicología discursiva (Edwards & Potter 1992), el acto de habla permite la construcción del significado, de la realidad y de la misma cognición. En estas dos últimas perspectivas teóricas adquiere gran importancia el contexto en el cual se emplea el discurso.

Los actuales estudios del lenguaje en el aula son necesarios para encontrar nuevas formas de mirar y hablar que incluyan la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje (Arca y col. 1990, Jewitt 2000, Martins 2000, Sutton 1998) y que propicien a la vez el uso de diferentes puntos de vista frente a las situaciones presentadas, aspectos claves en las etapas iniciales de la comunicación científica.

En el aprendizaje de las ciencias, la experiencia y el lenguaje son dos aspectos indiscernibles (Sanmartí y Jorba 1996), se requiere aprender a hablar de los procesos realizados en las clases de ciencias, aprender a observar, a discutir, a representar en diferentes formas los conceptos y fenómenos estudiados, a regular y a autorregular los procesos de aprendizaje en los cuales el lenguaje y las TIC empleadas en los procesos de enseñanza – aprendizaje juegan un

papel determinante. Lograr aprendizajes significativos en ciencias requiere la evaluación–regulación de las interrelaciones entre las formas de mirar, razonar, comunicar, sentir y organizar el conocimiento (Guidoni 1991, Sanmartí y Jorba 1996). Desde este punto de vista, los estudiantes aprenden ciencias porque reconocen ventajas de alguna de las posibles formas de pensar determinado fenómeno. “Ello requiere hablar de estas distintas maneras de “ver”, de “razonar”, de “conceptualizar, de “sentir”; evaluarlas y seleccionar la más idónea. Pero al mismo tiempo, se evalúan–regulan estas maneras de hablar, por lo que el instrumento lenguaje, mediador de la regulación del aprendizaje en las clases de ciencias y de matemáticas, pasa a ser él mismo objeto de autorregulación” (Sanmartí y Jorba 1996, s.p.).

Es necesario también conocer algunos de los múltiples factores que inciden en el cambio de estos significados, saber cómo se comparten y cómo se negocian en los procesos comunicativos generados en las aulas. En este último caso hacemos referencia a la necesidad de conocer mejor algunas de las múltiples relaciones existentes entre los procesos comunicativos y la elaboración de diferentes sistemas representacionales mediados por las TIC en la construcción de conceptos científicos, y cómo estos últimos devienen herramientas para posteriores aprendizajes.

Generalmente no usamos los conceptos de manera independiente e individual, su utilidad proviene de las relaciones en las que incluimos el concepto y son éstas y el contexto en que las utilizamos, las que definen su significado. Tanto el concepto como sus significados se construyen con el uso de múltiples formas semióticas en las cuales participan los diferentes usos de los lenguajes en las clases de ciencias. De igual manera, una teoría científica o un sistema conceptual puede considerarse como un patrón temático de relaciones semánticas con un significado particular en una comunidad. Estos significados, contruidos mediante el uso de diferentes tipos de lenguajes y representaciones definen y diferencian una comunidad científica de otra. En síntesis, cuando un concepto científico está en proceso de formación, de manera concomitante a éste, se da la adquisición del lenguaje científico; este último implica tanto la adquisición de una nueva estructura semántica, como de una nueva forma de pensar y de ver la realidad.

El análisis del lenguaje puede hacerse siguiendo estrictamente reglas lógicas, dando prioridad a aspectos gramaticales o, por el contrario, prestando máxima atención a aspectos relacionados con la producción de significados. En la actualidad esta segunda tendencia del análisis del discurso es especialmente importante para la didáctica de las ciencias, para reconocer el significado del discurso de profesores y estudiantes, en íntima relación con sus conociemien-

tos previos y creencias acerca del mundo o de una situación determinada, en conjunción con los estados de ánimo, fenómenos, acciones, contextos en los que se genera el discurso.

Las dimensiones subjetivas, que dependen de factores personales, contextuales y emotivos presentes permanentemente en el uso del lenguaje, pueden determinar cuáles son los significados que reciben mayor atención en un momento determinado, cuáles son los que pueden ser desagregados como conocimientos, creencias y opiniones, cuáles son las relaciones que pueden ser activadas mediante su uso y cómo el significado puede llegar a ser más personal o más contextual.

Los estudios empíricos del discurso en el aula han permitido conocer las reglas implícitas, sus características particulares y la manera como los profesores utilizan el discurso para orientar y evaluar el proceso de aprendizaje (Edwards y Mercer 1987, Lemke 1997). Dicho estudio ha sido abordado desde diferentes perspectivas: como un puente entre lo cognoscitivo y lo social (Cazden 1990), caso en el cual consideran el desarrollo cognitivo y lingüístico como una forma de socialización y aprendizaje cultural; el lenguaje como mediador cultural del pensamiento y la acción expresados en prácticas cotidianas, mientras que otras perspectivas afirman que el desarrollo cognoscitivo es social y culturalmente condicionado (Candela 1999).

El análisis del discurso en el aula debe tener en cuenta la función estructuradora que tiene el contexto sobre el contenido enseñado. Los significados de entidades abstractas como mol, electrón y gen, se construyen tanto a través de la experiencia perceptiva de los estudiantes como también de las maneras de hablar acerca de la evidencia o actividad en el aula. Además de los aspectos conceptuales, los estudiantes deben aprender a reconocer cuándo una explicación es válida o no, deben aprender cómo hablar del tema, cómo escuchar, cómo dirigir el discurso. En síntesis, deben aprender, además del contenido específico, la retórica de la comunicación científica en el aula.

La importancia actual de los estudios de la retórica de la ciencia en el aula (Candela 1999, Jewitt 2000, Lemke 1997, Martins 2000, Millar 1998, Scott 2000, Sutton 1998), nos lleva a pensar en el surgimiento de una nueva perspectiva para el análisis del lenguaje, cuyos aspectos fundamentales, conceptuales, retóricos y contextuales. Considerar estos nuevos aspectos en el estudio del lenguaje, conlleva a reconocer el uso multimodal de éste, la mediación de las TIC y su importancia en el aprendizaje de los conceptos científicos enseñados.

## **Aprendizaje como evolución de conceptos**

Los estudios de la evolución de los conceptos científicos han sido tratados tradicionalmente desde la filosofía y la psicología. Desde estos dos campos del conocimiento, la polémica ha estado centrada en precisar el origen de éstos y su naturaleza. En lo relacionado con la didáctica de las ciencias, el estudio de los conceptos está más dirigido a establecer su carácter científico o cotidiano, además de estudiar la posible evolución conceptual, resultado de procesos de enseñanza orientados para tal fin. El estudio de los conceptos puede abordarse integrando diferentes campos del saber, para obtener visiones interdisciplinarias que faciliten una mejor comprensión de los procesos que conducen a su formación y evolución y que, a su vez, permitan orientar acciones hacia el mejoramiento de la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

La comprensión de las formas de construcción de los conceptos científicos, su cambio y su vulnerabilidad frente a los procesos de enseñanza, serán, sin lugar a dudas, herramientas imprescindibles para los profesores de ciencias. En cuanto dispongamos de un mejor conocimiento acerca de las múltiples representaciones de los conceptos de los alumnos, será posible entender mejor cómo evolucionan éstas, cómo se transforman, qué relaciones podemos establecer con el desarrollo de los conceptos científicos y sus formas de representación a nivel didáctico y personal, qué transposiciones didácticas (Chevallard, 1985) son más frecuentes en la enseñanza y cómo inciden éstas en la evolución conceptual de los estudiantes. Tienen igualmente importancia para el diseño curricular, la necesidad de conocer a fondo algunos de los posibles procesos seguidos por los estudiantes en construcción de conceptos científicos, sus obstáculos más relevantes y sus múltiples transformaciones como resultado de la vida escolar.

En el estudio del cambio conceptual, los aspectos de orden cognitivo han recibido especial atención de los investigadores, quienes se centraron básicamente en determinar si el cambio es radical (Carey 1985, 1992) o es gradual (Toulmin 1978, Strike and Posner 1992, Posner et al. 1982). En los dos casos, los estudios profundizaban principalmente los aspectos racionales del aprendizaje. No obstante el rigor metodológico y la riqueza de los estudios inscritos en estas dos tendencias, sus resultados no han permitido comprender claramente el proceso de la evolución conceptual.

Con el reconocimiento de la importancia de las creencias y motivaciones de los estudiantes, y de cómo se consideran ellos mismos como aprendices, se abre una nueva perspectiva en el estudio del cambio conceptual, en la cual se

reconoce la importancia de aspectos afectivos y sociales (Pintrich et al. 1993) y se destaca el papel potencial de los objetivos, motivaciones, intereses y procesos de control que tienen los estudiantes de sus propios procesos de evolución conceptual. De igual manera, recientes investigaciones muestran que la evolución conceptual, difícilmente puede explicarse y comprenderse desde la única referencia a aspectos conceptuales (Caravita and Hallden 1994, Chin and Brown 2000, Tamayo 2001, 2007, Tytler 2000, White 1994). El empleo de estos *marcos multidimensionales* proporciona valiosas herramientas para el estudio de la evolución conceptual en el aula. Con este propósito Tyson *et al.*, (1997) y Venville and Treagust (1998), integran el modelo del cambio conceptual (Posner et al. 1982), las teorías marco (Vosniadou 1994), la perspectiva de las categorías ontológicas (Chi *et al.* 1994) y la perspectiva emotiva (Pintrich *et al.* 1993). Estos autores encuentran que es posible una comprensión holística de la evolución conceptual, la cual puede ser más útil para la didáctica de las ciencias. Concluyen que el cambio conceptual puede ser visto a través de tres lentes: ontológico, epistemológico y socio-afectivo.

Asumir el estudio de la evolución conceptual desde una perspectiva holística, que reúna además de los importantes logros provenientes del énfasis cognitivo, la dimensión sociohistórica (Vygotsky 1995, Magnuson, et al. 1997), afectiva (Pintrich et al. 1993; Pozo y Gómez 1998) y sociocultural del aprendizaje (O'Loughin 1992), requiere explorar nuevas metodologías de investigación y reelaborar los marcos teóricos existentes con el propósito de dar cabida a los nuevos datos empíricos. Destacamos los estudios microgenéticos (Siegler 1995) y las investigaciones que tienen en cuenta la naturaleza situada del conocimiento (Hedegaard 1998). Las mencionadas metodologías de investigación parecen ser útiles para comprender mejor cómo sucede la evolución conceptual.

Desde la perspectiva holística antes descrita, el componente cognitivo nos lleva a considerar la necesidad de orientar esfuerzos en la identificación de algunos aspectos superficiales y profundos de la estructura cognitiva de los estudiantes (Niedderer and Schecker 1992, von Aufschnaiter and Niedderer 1998).

Desde la perspectiva metacognitiva, consideramos la importancia del conocimiento de los procesos de aprendizaje de los estudiantes, (White and Mitchell 1994, Gunstone and Mitchell 1998) y, específicamente, la manera de regular las producciones textuales, (Sanmartí et al. 1997). Desde la lingüística es importante integrar el estudio del discurso escrito de los estudiantes con los procesos de evolución conceptual, el análisis del contenido y la coherencia de los textos escritos por ellos. En la esfera emotiva hay que integrar los

intereses y motivaciones de los estudiantes con el aprendizaje de las ciencias en el estudio de la evolución conceptual.

Esta concepción de la evolución conceptual parte del reconocimiento de los siguientes supuestos provenientes de diversos campos del saber, así como de distintas corrientes de pensamiento:

1. Los estudiantes generan continuamente aprendizajes basados en sus propias acciones, percepciones y conocimientos anteriores.
2. La perspectiva multidimensional del estudio de la evolución conceptual integra aspectos de la filosofía de las ciencias, de las ciencias cognitivas, la pedagogía y la didáctica de las ciencias.
3. El conocimiento de los procesos cognitivos de los estudiantes solamente es posible a partir del estudio profundo de las acciones realizadas por ellos, a través de sus producciones verbales y no verbales.
4. Los condicionantes culturales y los múltiples usos del lenguaje son fundamentales para la construcción y evolución conceptual.
5. La construcción de conceptos y la evolución de los mismos exigen tener conciencia y control del proceso que condujo al cambio y a los logros alcanzados; es decir, el desarrollo de habilidades metacognitivas y autorreguladoras son cruciales para el aprendizaje de los conceptos científicos y para la evolución conceptual.

Los estudios mencionados deben abordar los supuestos epistemológicos y ontológicos con los cuales el estudiante enfrenta la adquisición de nuevos conocimientos y evaluar cuáles de ellos serán posibles obstáculos para el aprendizaje de las ciencias. De igual manera, se requiere el conocimiento profundo de los elementos cognitivos que facilitan o dificultan el logro de la evolución conceptual, bien sea a nivel superficial o profundo. Los aspectos antes señalados se integran al componente didáctico, el cual reúne aspectos específicos, derivados de la actuación del profesor en el aula, de su planificación y de la regulación del proceso de enseñanza–aprendizaje.

### **Ambientes de aprendizaje y nTIC**

El nivel de educación de un país es uno de los indicadores más importantes, puesto que determina el desarrollo del mismo; por ello, las transformaciones producidas en la educación tendrán implicaciones en el pensamiento de sus actores y su colectividad, como elementos fundamentales de progreso.

Hoy en día, se cuenta con nuevas maneras de enfrentar la educación, a través de nuevas tecnologías informáticas y de comunicación, que permiten el manejo de la información utilizando productos tecnológicos como el software y el hardware, los cuales, gracias a las redes de comunicación, ponen en contacto estudiantes, maestros, expertos, contenidos, experiencias y conocimientos en general, disponibles en diferentes lugares geográficos y desarrollados en diversos momentos. Este intercambio de información genera conocimiento que ayuda a los seres humanos a permanecer en su medio y hacerlo autosostenible.

Una adecuada planeación de la inclusión de las TIC en la educación exige la concurrencia de equipos de trabajo interdisciplinario que garanticen la mirada global de diferentes expertos en los desarrollos o apropiaciones tecnológicas. De igual manera, diferentes actores y unidades académicas institucionales deben replantear su participación para favorecer el uso adecuado de las tecnologías en la educación y evaluar su impacto.

La utilización de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje puede agregar valor a la construcción de conocimiento, en la medida en que apoyan al individuo y al grupo en la construcción de representaciones mentales y sociales respectivamente. Asimismo, contribuyen al desarrollo de competencias para la toma de decisiones y la solución de problemas y, a la vez, facilitan el intercambio de conocimientos y experiencias, dadas las sinergias propias de las redes de aprendizaje mediadas por tecnología.

Las redes de aprendizaje “son grupos de personas que utilizan las redes de comunicación en entornos informáticos, para aprender de forma conjunta, en el lugar, el momento y el ritmo que les resulte más apropiado” (Harasim y col. 2000:24). Lo anterior significa, que las redes de aprendizaje constituidas en los entornos informáticos, están conformadas por grupos de personas con metas comunes, quienes, de manera colectiva e independiente, buscan la construcción de conocimientos; es decir, cada persona debe exponer sus propias ideas y elaborar argumentos que enriquezcan los procesos comunicativos generados en la red. Por tanto, la participación en comunidades de aprendizaje en red, requiere una posición activa por parte de los participantes en éstas y un papel diferente por parte del profesor. En este modelo comunicativo, el papel del profesor se pasa de informante del estado del arte en el área del saber que domina, al de mediador de los procesos de aprendizaje de los estudiantes, mientras que el estudiante se transforma de receptor de información a constructor y artífice de su aprendizaje.

En estos entornos de aprendizaje se posibilitan actividades de elaboración de trabajos de equipo alrededor de proyectos de investigación y estudio de uni-

dades didácticas, diferentes tecnologías y medios como foros de discusión, conversaciones y correo electrónico, entre otros. De igual manera, se ha implementado software, *group ware* y otras herramientas tecnológicas que continúan transformando las prácticas de enseñanza mediadas por las TIC. Sin embargo, ninguno de los medios y herramientas mencionadas, por sí solas, garantizan el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos; se requiere que los actores del proceso educativo que incorporan las TIC aprendan a utilizar estas herramientas adecuadamente, con el propósito de influir positivamente la calidad de la educación.

Los diferentes aspectos antes desarrollados: la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza–aprendizaje, el diseño de ambientes de aprendizaje desde una perspectiva multimodal y la evolución conceptual asumida como modelo de aprendizaje, constituyen el eje teórico desarrollado a lo largo de este documento.



## Capítulo 5

### Diseño y análisis de unidades didácticas desde una perspectiva multimodal<sup>3</sup>

#### Introducción

El grupo de investigación *Cognición y Educación* del Departamento de Educación de la UAM y la Universidad de Caldas y el grupo de investigación *Actores escenarios y procesos del desarrollo humano de la niñez y la juventud* del CINDE y la Universidad de Manizales, han desarrollado el proyecto de investigación titulado: *La clase multimodal y la formación y evolución de los conceptos científicos mediante el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación*. El proyecto busca principalmente llevar a cabo, en 10 instituciones de educación media de Manizales, un programa que podría considerarse una experiencia piloto para mejorar el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas, a través del estudio de la formación y evolución de los conceptos científicos desde una perspectiva multimodal (uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) y de los múltiples lenguajes (gestual, corporal, gráfico, etcétera.).

El proyecto, en su marco teórico, presupone que el conocimiento se produce y se cualifica mediante procesos de evolución conceptual. En un primer momento, se busca identificar las ideas previas de los estudiantes de ciertos conceptos y se considera que el aprendizaje de las ciencias implica una evolución de los conceptos que los estudiantes se van formando. Estas transformaciones suponen, por parte del maestro, la exploración de los conocimientos previos de los estudiantes, punto de partida para la construcción de los conocimientos científicos.

---

<sup>3</sup> Capítulo elaborado por Mercedes Suárez de la Torre y Herminia Quiceno.

La investigación intenta evidenciar los procesos de evolución conceptual al usar adecuadamente las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) e incentivar, a partir del trabajo de los diversos modos del lenguaje<sup>4</sup> en el aula (modo gráfico o pictórico, gestual, entre otros) las múltiples representaciones de los conceptos, porque se reconoce que el aprendizaje de los conceptos científicos se cualifica cuando en éste participan múltiples lenguajes. Las TIC apoyan el uso de los diversos lenguajes en el aula de clase y, la investigación busca articular estrechamente las ideas previas, la evolución conceptual, los múltiples lenguajes, las TIC y la metacognición.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se realiza en tres momentos: diagnóstico, intervención didáctica y construcción de sentidos y significados.

En la fase de diagnóstico, el equipo de trabajo se consolidó conceptual y metodológicamente según los temas de formación en las siguientes temáticas: multimodalidad en el aula, evaluación de ideas previas, uso de las TIC, metacognición, historia y epistemología de la ciencia y evolución conceptual.

En la fase de intervención didáctica, los docentes de las diferentes instituciones participantes elaboraron las unidades didácticas y realizaron un seguimiento a cada una de las categorías estudiadas. Cabe resaltar que dichas unidades se diseñaron con el apoyo de las TIC, con el fin de favorecer la construcción de múltiples representaciones sobre los fenómenos estudiados y evidenciar la evolución conceptual de los estudiantes.

El presente capítulo describe específicamente los aspectos conceptuales y metodológicos tenidos en cuenta en el marco de este proyecto para el análisis y diseño de la unidad didáctica en la enseñanza de las ciencias naturales y de las matemáticas, en los primeros grados de educación básica secundaria, desde una perspectiva multimodal. Para lograr dicho objetivo, presentaremos, en primer lugar, la base teórica de los principales conceptos que orientan esta investigación.

## **Marco conceptual**

Definimos el concepto de unidad didáctica a partir de los planteamientos presentados por Tamayo (2006) y Sánchez Blanco, G & Valcarcel Pérez,

---

<sup>4</sup> Desde una perspectiva semiótica, se considera modo al medio utilizado conscientemente para fines comunicativos. (Williamson, R. (2005)).

M.V. (1993). Igualmente, presentamos el modelo de unidad didáctica diseñado en el marco del proyecto de investigación y describimos cada uno de sus componentes.

Se entiende por unidad didáctica (en adelante, UD) como un proceso flexible de planificación de la enseñanza de los contenidos relacionados con un campo del saber específico — en nuestro caso particular las ciencias naturales y las matemáticas— para construir procesos de aprendizaje en una comunidad determinada.

El proceso flexible de planificación parte, primero, del pensamiento del docente, determinado por su saber específico en el área del conocimiento objeto de la enseñanza, su experiencia docente, los conocimientos previos de los estudiantes, las políticas de educación institucionales y nacionales, los recursos disponibles para el desarrollo de la práctica de enseñanza – aprendizaje y la ejecución y evaluación de dicho proceso.

La definición de UD muestra claramente una visión compleja de la enseñanza y el aprendizaje, desde la perspectiva de la *naturaleza de la ciencia*; se abandona el punto de vista transmisionista del docente, la asimilación pasiva por parte del estudiante y se adopta una postura constructivista (desde una perspectiva cognitiva –evolucionista) del proceso de enseñanza–aprendizaje. Desde este marco conceptual se considerado el aula de clase como un “espacio” en el cual los estudiantes se involucran con lo que es la ciencia y el trabajo científico, lo que da origen a la denominada *ciencia escolar* (Tamayo *et al.*, 2005).

Tal como indican Sánchez Blanco, G & Valcárcel Pérez, M.V. (1993:40), en una situación de enseñanza–aprendizaje, desde una perspectiva constructivista, el docente tiene la función de propiciar situaciones que le permitan al estudiante construir activamente significados. Desde este punto de vista, las ideas que tiene el estudiante en su mente están fuertemente arraigadas debido a sus propias vivencias, las cuales, a partir de los procesos de enseñanza y, teniendo en cuenta este modelo de unidad didáctica, pueden o no ser reestructuradas. En la construcción de conocimiento, el aprendizaje ocurre tanto por las situaciones externas propiciadas por los libros, el profesor, los experimentos, como a la exploración de las ideas previas que anteceden a cualquier situación de enseñanza. En tal caso, se trata de modificar, sustituir o ampliar las ideas existentes. Así, el conocimiento lo construye cada individuo y su evaluación está dada, tanto por el docente como por el estudiante quienes, en conjunto, controlan los procesos de enseñanza y aprendizaje.

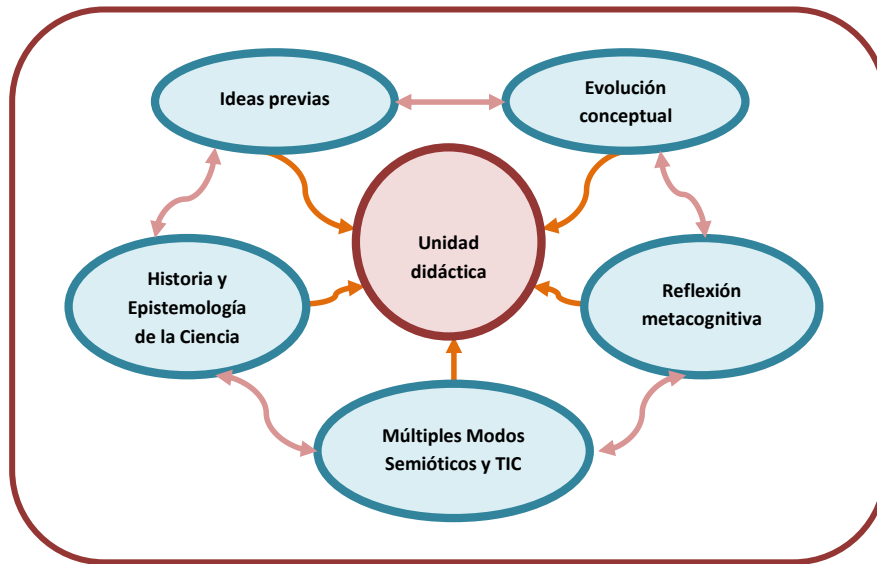
Los planteamientos de corte constructivista sirven como base del modelo de unidad didáctica propuesto en el marco de esta investigación<sup>5</sup>. Se entiende por modelo, una forma de representación de la realidad, una entidad abstracta que, en términos de Giere, no tiene más realidad que la que le confiere la comunidad académica específica que los origina; están constituidos por ciertos componentes y sus relaciones.

Al ser la enseñanza una actividad que involucra distintas entidades y no una actividad de *transmisión de información*, vemos la necesidad de abordar la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva constructivista y evolutiva, en la cual se integren aspectos tales como: la historia y epistemología de los conceptos, las ideas previas de los estudiantes, la reflexión metacognitiva, los múltiples lenguajes que incluyen las TIC y el proceso de evolución conceptual como aspecto que permite una evaluación formativa, la transformación del conocimiento del pensamiento inicial y final de los docentes y de los estudiantes. El modelo se representa de la siguiente forma (Véase figura.5.1):

---

<sup>5</sup> El modelo que presentamos constituye una propuesta del grupo de investigación y específicamente de Tamayo (2001). No obstante, es necesario tener en cuenta que el diseño de las unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias experimentales, los componentes que integran dicha unidad varían en función de las exigencias institucionales, el contexto académico, las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, el saber específico de los profesores y los recursos disponibles: tiempo, espacios, herramientas, tamaño de los grupos, entre otros, lo que permite asumir un modelo como una representación flexible dependiente del contexto. Otra propuesta de modelo de unidad didáctica la encuentra el lector en Sánchez Blanco, G & Valcárcel Pérez, M.V. (1993:35).

**Figura 5.1: Modelo de Unidad Didáctica<sup>6</sup>**



### **Componentes que integran el modelo de la unidad didáctica**

#### ***Ideas previas***

A partir de los planteamientos de diferentes autores, entre ellos, Viennot (1979), Driver (1973), Pfundt y Duit (1994), Duit (1993) y Martínez (1998) se define *idea previa* como aquellos conceptos que traen los estudiantes antes de adquirir un conocimiento formal; entendido este último, como el conocimiento que abarca el talento y comprensión de los conceptos científicos. Las ideas previas las adquieren los estudiantes en contextos bien sea culturales, familiares, escolares o sociales, entre otros. Éstas no deben considerarse como ideas erróneas; por este motivo, es importante que el maestro entienda las ideas que tiene el estudiante, porque dichas ideas son diferentes de las establecidas por el conocimiento científico y hay que indagar su origen y planear nuevas estrategias para modificarlas.

---

<sup>6</sup> El modelo de unidad didáctica se adoptó de Tamayo (2001) y lo modificaron las autoras de este capítulo.

Este proceso no implica que el docente deba emplear una enseñanza individualizada centrada en cada uno de los estudiantes; por el contrario, el maestro debe tener la capacidad de detectar similitudes conceptuales entre sus estudiantes, lo que le permite inferir las ideas iniciales de la ciencia, de tal manera que el concepto objeto de enseñanza, pueda abordarse desde diferentes perspectivas, y pueda compararse con modelos de explicación científica, para aproximarse a la adquisición del conocimiento y del lenguaje científico que se comunica en la escuela.

En el proceso de exploración de las ideas previas, el docente adquiere la habilidad de agrupar las diversas ideas de los estudiantes de acuerdo con atributos similares y, en determinados casos, con modelos científicos. Estas agrupaciones o taxonomías se convierten en insumos u objetos de análisis que enriquecen la enseñanza, porque permiten hacer comparaciones con los modelos científicos. La comparación permite, según el caso, sustituir la idea previa por el conocimiento científico, actividad que da lugar a la adquisición de un *conocimiento especializado*.

Conocer las ideas previas de los estudiantes es una actividad importante para el docente en el proceso de planificación de la unidad didáctica por las siguientes razones:

- ✓ Permite un procedimiento más cooperativo dado que, a través de la exploración de las ideas previas, el docente con la participación activa del estudiante, obtiene una información de los aspectos del conocimiento científico y del conocimiento común, relevantes para los estudiantes para lograr el dominio de la especialidad objeto de estudio. El maestro puede entonces elegir las estrategias de enseñanza más adecuadas, de modo que el estudiante pueda lograr una apropiación exitosa del conocimiento científico.
- ✓ Permite conocer el lenguaje, aún no especializado, empleado por los estudiantes en la descripción de un fenómeno científico. Este conocimiento permite al docente equiparar dicho lenguaje con los términos propios de la ciencia. Este análisis hace posible la negociación del lenguaje común con los términos que describen el fenómeno desde una perspectiva científica. Dicha negociación se logra a través de un proceso de enseñanza.
- ✓ Permite valorar la experiencia de los estudiantes, es decir, se invierten los procesos de enseñanza y se evitan los modelos de educación de la transmisión tradicional en los que el docente domina el proceso de ense-

ñanza – aprendizaje; en este caso, el estudiante propone su perspectiva de comprensión del fenómeno científico sobre la cual el docente construye su estrategia de enseñanza.

- ✓ Proporciona los contenidos que forman parte de las ideas iniciales de los estudiantes, sobre los cuales el docente realiza un proceso de evaluación a través de la enseñanza, porque al comparar las ideas previas de los estudiantes, con las recientemente adquiridas mediante un aprendizaje científico, puede medirse el grado de evolución conceptual obtenido en el proceso de enseñanza.
- ✓ Remite a una idea compleja de la enseñanza, porque en el proceso de enseñanza–aprendizaje participan varias entidades: los modelos mentales–individuales de los estudiantes, los modelos mentales–colectivos de éstos (el imaginario de la comunidad académica del aula), el conocimiento especializado del docente y el estado del conocimiento de la ciencia. Todos estos factores facilitan la comprensión de los fenómenos de la realidad, a partir de las familias de modelos que forman los sujetos que integran el aula de clase; tales modelos deben aproximarse a las familias de modelos expresados y validados por las comunidades científicas.

### 2.1.2. Historia y epistemología de la ciencia

En este componente de la unidad didáctica, es importante aclarar las diferencias existentes entre *historia de la ciencia*, *epistemología* y *filosofía de la ciencia*. La historia de la ciencia estudia los diferentes cambios y evolución del pensamiento científico en una trayectoria espacio–temporalmente dinámica de las teorías científicas. Una teoría puede entenderse como un conjunto de estructuras o sistemas construidos en una comunidad científica que representa y explica un fenómeno de la realidad. El conocimiento de las teorías científicas permite describir y explicar dichos fenómenos y predecir sucesos que contribuyan a la interacción del individuo con el mundo real.

De otra parte, la epistemología se entiende como el estudio del conocimiento científico frente al estudio del conocimiento común. La epistemología (del griego *epísteme* que significa *ciencia*) surge como un conocimiento contrario a la *Doxa* u opinión que refleja el conocimiento común no sistemático de los individuos.

La Filosofía de la ciencia, en sentido amplio, según Díez y Moulines (1997) es tan antigua como la propia filosofía, pero fue especialmente en el siglo XVII con la aparición de la ciencia moderna y la producción de pensadores como Galileo y Kepler y dada la prolífera producción de la época, se definió

la idea del conocimiento científico como el conocimiento “genuino”, lo que permitió reflexionar sobre los quehaceres científicos. Esta primera reflexión se orientó hacia el método de producción del conocimiento científico, es decir, hacia lo normativo. (Díez y Moulines, 1997:26 – 27).

Con los filósofos enciclopedistas aparece una reflexión más orientada hacia lo descriptivo que hacia lo normativo. A finales del siglo XVIII, específicamente con Kant en su *Crítica de la Razón Pura* y en *Fundamentos Metafísicos de la Ciencia Natural* surge un enfoque interpretativo como antecedente de la actual filosofía de la ciencia.

“[...] es el primer ejemplo histórico de lo que es un modelo interpretativo de la ciencia, una metateoría sistemática de las teorías científicas” (Díez y Moulines 1997:28)

Las ideas de Kant se retoman a finales del siglo XIX y principios del XX. En esta época, los filósofos se interesan por analizar los problemas que producen los desarrollos científicos, lo que da lugar a la llamada filosofía de la ciencia como una reflexión metateórica, cuyo objeto de estudio, actualmente, se centra en la reflexión filosófica de la actividad científica (Díez y Moulines 1997:27), con las corrientes del Positivismo Lógico, la concepción heredada, la concepción historicista y el actual estructuralismo o *teoría semantivista*.

Una vez aclaradas estas definiciones, es importante ilustrar el papel relevante que dichos conceptos tienen en la construcción de la unidad didáctica. En primer lugar, podemos señalar que el estudio de la historia de la ciencia ofrece, tanto a los docentes como a los estudiantes, las siguientes ventajas:

- ✓ Ubicar la temática científica objeto de estudio en un contexto temporal, lo que permite relacionarla con otros acontecimientos de otras disciplinas y hacer un entramado en el cual el hecho científico se observa como un elemento relacionado con otros sucesos.
- ✓ Comprender los desarrollos actuales de la disciplina en cuestión.
- ✓ Conocer los hitos históricos de la disciplina para comprender los distintos estilos de pensamiento desarrollados en la época.
- ✓ Identificar algunos de los obstáculos que impiden el desarrollo científico y algunos de los elementos externos a la ciencia misma que catalizan su propio desarrollo, tales como: políticas educativas, políticas de desarrollo científico, aperturas educativas a otras fronteras, entre otros.
- ✓ Observar el concepto científico desde la diacronía.
- ✓ Observar la influencia de la ciencia en el desarrollo social.
- ✓ Orientar posibles desarrollos para la didáctica de la ciencia.



La integración de la epistemología y la filosofía de la ciencia con la unidad didáctica, los maestros y los estudiantes produce los siguientes beneficios:

- ✓ La explicación los fenómenos del análisis científico, aplicando a los métodos utilizados para ésta, los lenguajes formales, los instrumentos que se utilizan para las mediciones y verificaciones y los criterios de racionalidad y de objetividad del análisis de un fenómeno.
- ✓ Los logros científicos constituyen, en la mayoría de los casos, el resultado del trabajo colectivo de una comunidad científica, hecho que da lugar a la evaluación del trabajo interdisciplinario.
- ✓ La diferencia y comparación entre las explicaciones científicas y no científicas tales como explicaciones de otro tipo de conocimiento: religioso, político, mitológico y de sentido común.
- ✓ La adquisición de un especializado lenguaje, riguroso y preciso.
- ✓ La adquisición de métodos de trabajo y la habilidad para utilizar instrumentos.
- ✓ La desmitificación de la labor del científico quien resuelve los problemas del contexto social y tecnológico a través de la ciencia.
- ✓ El acercamiento del estudiante a los resultados de las comunidades científicas con la guía del maestro, el libro y las diversas prácticas tales como ejercicios de formación científica.
- ✓ La evaluación de la ciencia como una actividad que satisface las demandas de la comunidad en general, además de las demandas de la comunidad científica.
- ✓ El interés de los estudiantes por el conocimiento ya que las demandas del mundo actual, generalmente, remiten al conocimiento científico.
- ✓ El conocimiento de la estructura teórica de la disciplina objeto de estudio.

Múltiples lenguajes y tecnologías de la información y de la comunicación (TIC)

El lenguaje se puede estudiar desde diferentes corrientes teóricas, como por ejemplo: corrientes existencialistas, atomistas, pragmáticas, estructuralistas, entre otras. En este trabajo se concibe el lenguaje como una perspectiva funcional – pragmáticas<sup>7</sup> dado que se considera como una trama de actividades

---

<sup>7</sup> El funcionalismo como corriente de la lingüística se define como instrumento que posibilita una finalidad del lenguaje: *la comunicación*. De la comunicación se desprende diversas actividades que ejercen funciones específicas.

relacionadas con la vida de quienes lo usan. Entender una *palabra* del lenguaje no es primariamente comprender su significación sino su uso en un contexto o situación comunicativa determinados (Ferrater Mora 1994:2108).

Desde esta perspectiva, Según Sager *et al.* (1980:18), citado por López Arroyo, B. (2000:26–27), el lenguaje cumple diversas funciones. Esta diversidad esta basada en la concepción que se tiene de *función, lengua y lenguaje*; la concepción de estas tres entidades dependen de la perspectiva que se adopte para abordarlas: sociológica, psicológica, lingüística, entre otras. El tema de las funciones del lenguaje ha sido tratado por diferentes lingüistas quienes han hecho distintas taxonomías al respecto. De estas clasificaciones, resaltamos dos funciones relevantes para este estudio: la función *descriptiva* y la función *interactiva*. La función descriptiva tiene que ver con el uso del lenguaje para expresar los contenidos y, la función interactiva considera el uso del lenguaje como expresión de relaciones sociales y actitudes personales.

Según Cabré, (2006) el lenguaje tiene una función *simbólica*, representa el pensamiento de una comunidad o un grupo social, una situación sociolingüística, socioeconómica, sociopolítica o sociocultural. Tiene una función *representativa* debido a que lo utilizamos para hablar de la realidad a partir de las imágenes mentales que se crean a través de él, y finalmente, tiene una función *comunicativa*; esto es, necesitamos el lenguaje, al lado de otros sistemas posibles, para expresarnos y dar a conocer la información a los demás.

La función comunicativa del lenguaje se ejerce siempre en situaciones de intercambio de información que pueden ser de diversa índole y tener características muy distintas: cada situación tiene su propio estilo, sus propias características, sus propias peculiaridades que dan sentido al contenido de dicha comunicación (Cabré 2006). Ejemplos de dichas situaciones son: dar órdenes, obedecerlas, describir una situación o un objeto, informar sobre un acontecimiento, expresar un sentimiento, entre otros (Ferrater Mora 1994:2108).

Cada una de estas funciones nos permite entrar al lenguaje por diferentes puertas<sup>8</sup>, lo que da lugar a múltiples connotaciones y maneras de representar una realidad. Estas representaciones nos permiten visualizar el lenguaje como un *poliedro* al cual nos podemos aproximar desde posiciones intelectuales y disciplinas diversas (Cabré 1999).

---

<sup>8</sup> Designación utilizada por Cabré, M.T. sobre el modelo de las puertas. Disponible en Internet en: <http://elies.rediris.es/elies16/Cabre.html>. Fecha de acceso: 26 de marzo de 2007.

Las funciones antes mencionadas corresponden según López A., B. (2000:27) a las funciones representativa y expresiva que plantea Bühler, a la referencial y emotiva de Jakobson, la ideacional y la interpersonal de Halliday y a la descriptiva y socio–expresiva de Lyons.

Asumir el lenguaje desde un punto de vista funcional conduce a establecer estrategias de enseñanza en las cuales un tema o un concepto determinado puede presentarse a los estudiantes de múltiples maneras y, los estudiantes, por su parte, pueden asumir su comprensión desde diferentes perspectivas. El maestro debe partir de este supuesto, con el fin de evitar la homogeneidad en el proceso de enseñanza–aprendizaje. Lo anterior pretende sembrar en el maestro y en el estudiante la idea de que no hay una única forma de comprender el fenómeno, sino que podemos acercarnos a él mediante múltiples formas de expresión o de comunicación, es decir, mediante *múltiples lenguajes*.

Estos múltiples lenguajes permiten abordar la enseñanza de un concepto desde modos<sup>9</sup> diferentes, lo que se denomina en este trabajo *multimodalidad*. Tradicionalmente, se ha concebido el habla como el modo de comunicación más relevante y central en el aula de clase y se han asumido los otros modos como no–verbales, extralingüísticos. En la actualidad, desde una perspectiva satelital del lenguaje (Kress *et al.* 1998) se valoran diferentes modos (gestual, visual, hablado, escrito, pictórico, etc.) de acuerdo con las funciones que cumplen; en otras palabras, en algunos momentos de la clase, un modo predomina sobre otro, sin que esto implique la inexistencia de los demás. Desde este punto de vista se observa el lenguaje desde afuera, se evidencian los distintos modos comunicativos de interacción con lo social y cultural.

Para ilustrar lo anterior, Kress *et al.* (1998), de manera metafórica, indica que cada modo semiótico cumple el papel de un instrumento musical y, como parte de una orquesta, puede expresar las frases melódicas de la obra (aula de clase) en un intervalo determinado. Las frases pueden ser interpretadas por otro instrumento, acompañado por el anterior protagonista (modo semiótico), lo que da lugar a una obra cuya armonía depende de la interpretación de los instrumentos que participen en ella y de quien los orienta (maestro).

En síntesis, esta perspectiva multimodal, a nuestro modo de ver, ha generado cambios en la enseñanza tradicional; hoy en día, el maestro en el aula de clase hace uso de otros modos de representación y comunicación diferentes al hablado y al escrito, utiliza otros modos semióticos como el gesto, la imagen,

---

<sup>9</sup> Según Williamson, R. (2005:2) se entiende por modo “el medio explotado conscientemente para fines comunicativos”.

el tono de la voz y las tecnologías de la información y la comunicación, de tal modo que el aula de clase se convierta en un espacio pleno de posibilidades comunicativas, lo cual ha trascendido a los recursos didácticos utilizados en los distintos momentos de enseñanza.

### *Tecnologías de la información y de la comunicación – TIC*

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) se definen como:

Un tipo de tecnología genérica<sup>10</sup> que resuelve problemas de manejo del lenguaje para informar o lograr la información. Para ello utiliza ciencias básicas y el conocimiento de diferentes disciplinas (Lingüística, Inteligencia Artificial, Informática, entre otras) que dan origen a métodos, herramientas y procedimientos; estos conocimientos se materializan en la aplicación del análisis sistémico, el ejemplo de situaciones concretas, los métodos de desarrollo de software y de hardware, la implementación de productos de aplicación específicos y otros desarrollos que permiten el intercambio óptimo de información entre diferentes dispositivos y personas (Quiceno, H. *et al.* 2004).

Según la propuesta planteada en el informe —*TIC y Educación superior en Latinoamérica y el Caribe*— (Facundo 2005), se debe pensar en “una nueva pedagogía, que modifique los paradigmas tradicionales de la educación”.

Un nuevo enfoque de la educación debe hacer énfasis en el análisis reflexivo sobre los procesos mismos de enseñanza – aprendizaje, para alcanzar una comprensión del uso de la tecnología en la educación; es decir, lograr una praxis tecnológica en estos procesos, hecho que implica un objeto de estudio con diferentes componentes: los contenidos específicos del conocimiento, el uso de las tecnologías que difunden dichos contenidos, la representación y las estrategias empleadas para la aprehensión significativa del conocimiento apoyado por las TIC. De esta manera se logra la comprensión del impacto generado por quien aprende y enseña. Así, se produce un acercamiento a una formación que integre la enseñanza de los procedimientos para el uso de la tecnología, y la enseñanza de los contenidos específicos de un área del saber.

---

<sup>10</sup> Smaïl, Aït-el-hadj. (1989) define la tecnología como un sistema de conocimiento compuesto por tres subsistemas: tecnologías fundamentales (ciencias básicas), tecnologías genéricas (procedimientos en relación con otras disciplinas o ciencias) y tecnologías de aplicación (desarrollo de productos tecnológicos propiamente dichos).

Las TIC permiten abordar los procesos de enseñanza – aprendizaje de manera distinta a la enseñanza tradicional, por las siguientes razones:

- Remiten a la representación del conocimiento de diversas maneras, gracias a las ventajas que ofrecen las tecnologías, tales como: multimedia, hipermedia, hipervínculos, entre otros.
- Facilitan la construcción del conocimiento porque éste se puede comunicar haciendo uso de estos productos, análisis que realiza un determinado autor para materializar una idea. Un ejemplo son los mapas conceptuales que se logran con los hipervínculos.
- Facilitan la interacción con comunidades científicas y académicas de manera sincrónica y asincrónica con herramientas como el *chat*, el *correo electrónico*, *los foros virtuales*, *los campus virtuales*, etc, que permiten el acceso a expertos temáticos, fuentes de información especializada, bases de datos, bibliotecas virtuales, blogs, laboratorios virtuales, entre otros.

Los procesos cognitivos asociados con el uso de las TIC propician el desarrollo de competencias tales como: la escritura, la expresión oral, la presentación de esquemas (mapas conceptuales, sistemas de representación de conocimiento —*ontologías*—), las imágenes, que constituyen manifestaciones de elaboraciones mentales individuales o colectivas, que denotan un compromiso de reflexión metaconceptual y metacognitiva de los contenidos que se quieren expresar, sin desconocer la función de los protagonistas del proceso mismo: la capacidad para trabajar en grupo, eficiencia en la búsqueda acertada de información, y su interpretación y síntesis.

En la actualidad, el uso de las TIC es viable por las facilidades de intercambio cultural entre comunidades, la comunicación y el trabajo en grupo, a pesar de las diferencias culturales, la adquisición del software de libre acceso, los bajos costos de los productos tecnológicos y de las comunicaciones.

Las ventajas mencionadas impulsan a quienes usan las TIC en educación para elaborar diseños, contenidos, métodos, y estrategias evaluadas constantemente, para no convertir el arte de aprender y enseñar en un producto más de la tecnología.

### ***Metacognición***

En la década del 70, Tulving y Madigan centraron la atención en los estudios del funcionamiento de la memoria humana, lo que se conoce con el nombre

de *metamemoria*. En 1975, Flavell, basado en las investigaciones de Tulving y Madigan, realizó estudios del funcionamiento de los procesos de la memoria (metamemoria) de los niños, lo que permitió corroborar que éstos hacen las tareas cuando reflexionaban, ante los investigadores, sobre los procesos que realizan. Igualmente, se evidenció que los niños, cuando asumen su propio proceso de aprendizaje, no son capaces de extrapolarlo y aplicarlo a nuevas situaciones. (Romero, F. 2002: 17).

Estas investigaciones permitieron suponer, de un lado, que la reflexión de los procesos cognitivos mejoraba el aprendizaje y, de otro lado, que dicha reflexión no ocurre de manera espontánea, sino que hay que propiciarla con distintos métodos que permiten monitorear y supervisar los propios recursos cognitivos. Los resultados condujeron a Flavell a acuñar el término *metacognición* y a asumirlo como el *conocimiento de los procesos cognitivos* y la *regulación de éstos*.

En cuanto al conocimiento de los procesos cognitivos, Flavell citado por Martí, E. (1995) hace referencia al conocimiento declarativo (*know what*) y, la regulación de dichos procesos al aspecto (*know how*). Basados en estos dos aspectos de la metacognición, este trabajo se entiende desde una doble perspectiva: como proceso y como producto. La *metacognición como producto* es un conocimiento derivado de la reflexión misma del acto de conocer y, la *metacognición como proceso* es el conocimiento que obtiene el individuo cuando supervisa, controla, autocontrola, regula sus propios procesos cognitivos. En este sentido, tal como afirma Tamayo 2006, la metacognición influye en la didáctica de las ciencias porque incide en la adquisición, comprensión, conservación y aplicación de lo que se aprende; su importancia es la eficacia del aprendizaje, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Pese a la estrecha relación de la metacognición con los procesos conscientes de los individuos, ésta tiene estados de regulación inaccesibles a la conciencia (Martí, E. 1995:15).

En el modelo de la unidad didáctica presentada, la metacognición cobra importancia cuando los docentes y los estudiantes la explicitan en el aula de clase, mediante la comunicación (verbalizaciones, escritura de textos, expresión corporal, representaciones gráficas, etc.) y al transitar entre dichos modos.

Los resultados de las investigaciones de la metacognición (Mateos 2001, Romero *et al.* 2002, Tamayo 2006, Soto 2003) permiten identificar algunas de las ventajas que trae el conocimiento de los procesos cognitivos y la regulación del diseño y aplicación de la unidad didáctica:

- ✘ Es importante propiciar el análisis de los procesos empleados en sus actividades de aprendizaje entre los estudiantes, para identificar las operaciones mentales que conducen a lograr las expectativas de aprendizaje y diferenciarlas de las operaciones mentales que no producen resultados fructíferos.
- ✘ La metacognición permite una mejor adaptación al medio escolar, porque tanto el docente como el estudiante logran conocer, mediante esta práctica, las distintas maneras de pensar de la comunidad escolar de la cual hacen parte.
- ✘ La explicitación de la reflexión de los procesos cognitivos y sus diferentes estrategias de regulación permite a los estudiantes experimentar otras formas de expresión y desarrollar la creatividad con la ayuda de los múltiples lenguajes.
- ✘ La práctica de la actividad metacognitiva en el aula permite modificar la planificación de la enseñanza, porque el docente logra conocer las estrategias que utiliza el estudiante para aprender y, de este modo, adapta los contenidos de la enseñanza a las necesidades de aprendizaje del estudiante.
- ✘ El modelo de unidad didáctica presentado permite hacer dos tipos de reflexión: metaconceptual y metacognitiva. La reflexión metaconceptual establece vínculos entre los distintos componentes que conforman la unidad didáctica, lo que facilita comparar conceptos, la ubicación histórica y geográfica de éstos, el estado de la ciencia y la autoevaluación del estudiante de la comprensión de los conceptos científicos. La reflexión metacognitiva, por su parte, permite conocer los procedimientos y las distintas regulaciones que ocurren al adquirir conocimiento.
- ✘ La metacognición facilita que los estudiantes desarrollen un pensamiento crítico frente los contenidos porque permite el autoconocimiento de los individuos (cómo aprenden), lo que da lugar a la identificación de las explicaciones de las comunidades científicas y el punto de vista de como se da el aprendizaje (maestro, libro de texto, video, etc.).
- ✘ La práctica de la metacognición facilita la identificación de obstáculos pistemológicos, lingüísticos y pedagógicos en los actores del proceso de enseñanza–aprendizaje.

### **2.1.5. Evolución conceptual**

Tal como indica Tamayo

“La evolución conceptual desde la perspectiva cognitiva considera, en primer lugar, la existencia de *ideas* de los estudiantes, las cuales se caracterizan por ser relativamente coherentes, comunes en distintos contextos culturales y difíciles de cambiar y, en segundo lugar, la existencia del conocimiento científico [...] En el ámbito de la enseñanza de las ciencias existe un acuerdo general sobre la importancia de favorecer el cambio de estas *ideas*, de tal manera que se *acerquen* más a los conocimientos científicos”.

La cita de Tamayo (2001) se basa en Giere (1999) sobre los distintos modelos que pueden adoptarse en la ciencia para la explicación científica atendiendo el criterio de *nivel de satisfacción* del sujeto respecto de la elección de una teoría. Desde esta perspectiva, consideramos pertinente señalar que, en este proyecto, se asume la noción de *evolución conceptual* como la posibilidad que tienen los estudiantes de elegir el modelo que logre un mejor nivel de satisfacción entre las distintas opciones de modelos explicativos presentes en un fenómeno determinado.

Esta posibilidad de elección ocurre en el desarrollo de la UD cuando el docente presenta una variada programación de actividades, que promueven la reflexión individual y de grupo sobre las ideas iniciales de los estudiantes, las explicaciones de un determinado fenómeno, de tal manera que la efectividad de dichas explicaciones puedan comprobarse y compararse con las científicas. La comparación entre ambas perspectivas difícilmente se logra sin la orientación del docente, quien acompaña al estudiante para que valore las diferentes explicaciones, el modelo que proporcione mayor satisfacción de las ideas iniciales (SanMartí, N. 2000:255–256).

En la comparación de los modelos, el estudiante se encuentra ante un *conflicto conceptual* que se resuelve cuando, las diversas actividades planeadas por el docente en la UD, el estudiante comprueba el nivel de satisfacción de los modelos científicos con los iniciales.

“Cada alumno (A) debe ser capaz de deducir conclusiones y reconocer las características del modelo reelaborado y de comunicarlo con instrumentos formales y palabras usadas en las diferentes disciplinas. Estos instrumentos deben estar relacionados con las preguntas o problemas planteados inicialmente y posibilitar la esquematización y estructuración coherente de las distintas formas de resolución” (Sanmartí, N. 2000:257)



Este proceso, constituye además un tipo de evaluación formativa que modifica los procesos de enseñanza del profesor y los procesos de aprendizaje del estudiante. El profesor, por su parte, hace consciente la manera como aprenden sus estudiantes y el estudiante percibe la valoración de sus propias ideas dentro del proceso de enseñanza, lo que le permite comprender y llevar a cabo procesos de auto evaluación y autorregulación. En otras palabras, los estudiantes adquieren tal nivel de conciencia de su aprendizaje que fácilmente puede llegar a diferenciar los distintos modelos en los que figuran sus ideas y navegar en ellos.

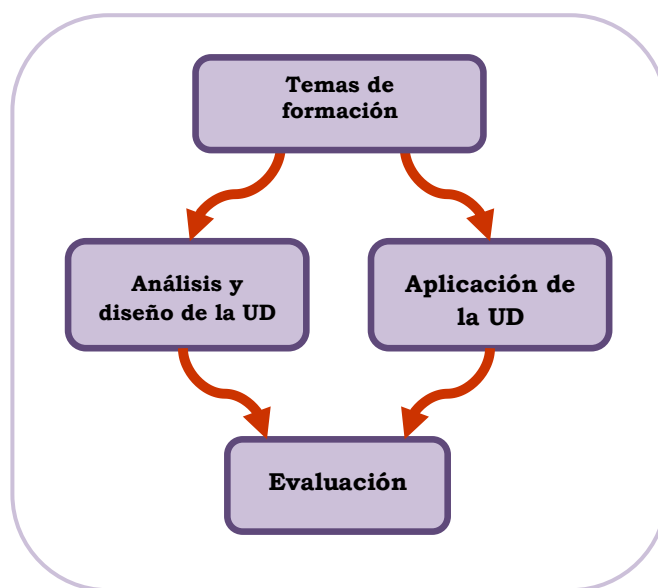
En este sentido, cabe resaltar que la integración de la evolución conceptual en la UD facilita la labor del docente y del estudiante por las siguientes razones:

- ✓ Permite hacer una evaluación constante de todo el proceso de desarrollo de la UD y de cada uno de los componentes; lo cual significa la evolución conceptual que no aparece explícita en la UD, pero está siempre presente en cada momento de su desarrollo.
- ✓ Permite que, tanto el maestro como el estudiante, transformen los esquemas mentales originados por el conocimiento común de los fenómenos científicos, desarrollando la capacidad analítica.
- ✓ Contribuye a afianzar la capacidad de decisión de los estudiantes respecto de la teoría que ofrece mejores satisfacciones a las preguntas iniciales.
- ✓ Propicia el desarrollo de la creatividad, para lograr la evolución conceptual de sus estudiantes: el docente planea diversas actividades según distintas estrategias cognitivas, metodológicas, entre otras, para lograr su objetivo.
- ✓ Destaca el conocimiento que traen consigo los estudiantes; es decir, el desarrollo de la UD se enriquece con los distintos modelos mentales identificados por el docente en el aula de clase.
- ✓ Disminuye las fronteras entre la ciencia y la vida cotidiana, porque sustituye la visión de ciencia como una doctrina idealizada, para entenderla como una actividad desarrollada por personas que intentan mejorar las condiciones de vida.
- ✓ Hace posible que el docente perciba los conceptos desde distintos puntos de vista (las diferentes perspectivas de sus estudiantes), que da lugar a una visión dinámica e inacabada de la ciencia y una construcción permanente del conocimiento especializado.
- ✓ La evolución conceptual transforma el aula en un grupo que aprehende la ciencia a partir del aprendizaje cooperativo.

## Metodología

El proceso de desarrollo de la unidad didáctica se dividió en cuatro momentos, a saber: temas de formación; análisis y diseño de la unidad; ejecución de la unidad y evaluación de dicho plan por parte de los docentes.

**Figura 5.2 Proceso para el análisis, diseño y ejecución de la UD**



**3.1.** En la *fase de los temas de formación* se profundizó en cada uno de los componentes que integran la unidad didáctica: ideas previas, historia y epistemología de la ciencia, uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), multimodalidad en el aula (múltiples lenguajes), metacognición y evolución conceptual.

**3.2.** La *fase de análisis y diseño de la unidad propuso* las siguientes actividades:

- Asesorías a los docentes de las diferentes instituciones para el análisis de los textos y resolución de problemas originados en cada discusión del tema.
- Análisis de los obstáculos epistemológicos identificados por los docentes para seleccionar la temática objeto de la unidad didáctica. Cabe resaltar

que una vez seleccionada ésta, se hizo la búsqueda, análisis y evaluación de software educativo de libre acceso, para utilizarlo en la fase de aplicación.

- Diseño de estrategias para la exploración de las ideas previas.
- Selección de estrategias para la enseñanza de los conceptos de la temática.
- Diseño de la unidad didáctica con las TIC y los múltiples lenguajes.

**3.3.** La fase de ejecución de la unidad se distribuyó en grupos de trabajo de acuerdo con las temáticas seleccionadas, de la siguiente forma: en el grupo de ciencias naturales, los docentes seleccionaron temas relacionados con el *origen de la vida, el ciclo celular y la continuidad y discontinuidad de la materia* y, en el grupo de matemáticas, los docentes seleccionaron el tema relacionado con *los números racionales*.

Cada grupo, constituido por un estudiante de ingeniería de sistemas de la UAM, dos investigadores del proyecto acompañantes del proceso y los docentes de las instituciones respectivas, realizaron sesiones para desarrollar la unidad didáctica con el apoyo de las TIC. Este trabajo permitió incluir también múltiples representaciones del lenguaje (*multimodalidad*) con el fin de lograr la evolución conceptual de los estudiantes. Dichas representaciones se materializaron a través de dibujos, narraciones, trabajos en el laboratorio, dramatizaciones, juegos, entre otros.

La fase de ejecución arrojó el diseño de la unidad didáctica a manera de Página web, en el área de ciencias naturales. Este producto fue instalado en las aulas de informática de las instituciones para socializarla con los estudiantes.

En el área de matemáticas pusieron en práctica diferentes actividades lúdicas con el apoyo de las TIC y diversos ejercicios del recurso educativo conocido como Tangram<sup>11</sup>. Una vez perfeccionada la unidad didáctica, los docentes de cada institución planearon la intervención con sus respectivos estudiantes, para lo cual contaron con la colaboración de los

---

<sup>11</sup> El *Tangram* ("juego de los siete elementos" o "tabla de la sabiduría") es un juego chino muy antiguo, consistente en formar siluetas de figuras con la totalidad de una serie de piezas dadas. Las 7 piezas llamadas Tans, forman un cuadrado, así: 5 triángulos de diferentes tamaños, 1 cuadrado, 1 paralelogramo romboide. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Tangram>).

docentes investigadores del proyecto y de los estudiantes de ingeniería de sistemas quienes participaron como auxiliares del proceso.

- 3.4. En la *fase de evaluación*, en primer lugar, se diseñó un instrumento — entrevista con preguntas abiertas — dirigida a un grupo focal (algunos profesores participantes en el proceso que se seleccionaron de manera aleatoria) en los dos ámbitos (ciencias naturales y matemáticas). En segundo lugar, se hizo la entrevista cuyo objetivo era fomentar la reflexión metacognitiva por parte de los docentes sobre el proceso del desarrollo de la unidad (Véase CD-ROM – Anexo 1).

### **Análisis y resultados**

En este apartado presentamos el análisis hecho por los docentes para elaborar las estrategias de aplicación en el aula de clase y los resultados obtenidos a partir de este análisis.

#### ***Análisis de ideas previas***

El tema de formación de ideas previas permitió aclarar los aspectos básicos que comprende este tema e ilustrar los diversos instrumentos, utilizados por los expertos (Susan Carey 1992) para explorar dichas ideas entre los estudiantes: protocolos, establecimiento de analogías, situaciones ejemplares, predecir, observar y explicar (POE), mapas conceptuales, representaciones gráficas de los conceptos y respuestas de selección múltiple con argumentación. Tras esta presentación, los docentes procedieron a elaborar sus propias estrategias.

#### ***Criterios para la elaboración de estrategias de ideas previas***

Antes de elaborar la estrategia para la exploración de ideas previas, los docentes socializaron algunos de los criterios que debían tener en cuenta para la selección de éste:

- 1) *Edad de los estudiantes y grado de escolaridad*: los docentes tuvieron en cuenta estos dos aspectos para la elaboración de preguntas de selección del instrumento.
- 2) *Planeación institucional de los contenidos*: los docentes consideraron pertinente este criterio porque, en primer lugar, debían seleccionar el momento adecuado para impartir la temática escogida de acuerdo con la planeación de las actividades académicas de la institución y, en segundo

lugar, lograr que los estudiantes no hubiesen adquirido un conocimiento formal sobre la temática.

3) *Disponibilidad de recursos*: este criterio se tuvo en cuenta porque algunas de las instituciones no contaban con los recursos económicos suficientes para la ejecución de actividades que requerían impresión de material, distribución de éste y salas de informática.

4) *Disponibilidad horaria*: los docentes tuvieron en cuenta la distribución horaria de la asignatura para la selección de las actividades contempladas en el instrumento de ideas previas. A manera de ejemplo, los docentes prefirieron aplicar dicho instrumento en las sesiones programadas de 2 horas.

5) *Naturaleza del grupo*: en función de este criterio, los docentes seleccionaron el tipo de preguntas, la presentación de las actividades, entre otros.

6) *Conocimiento especializado del docente*: este criterio incidió en el contenido y la formulación adecuada de la pregunta o de la actividad.

### ***Aspectos metodológicos para la elaboración del instrumento***

Una vez seleccionados los criterios, los docentes del área de ciencias naturales se distribuyeron en grupos temáticos: un grupo de estudiantes de sexto y séptimo grado, decidió trabajar el tema relacionado con *el origen y evolución de la vida*. Un segundo grupo de estudiantes de sexto grado, trabajó el tema del *ciclo celular*. Un tercer grupo de estudiantes de décimo grado, decidió trabajar el tema *continuidad y discontinuidad de la materia*. Los docentes de matemáticas, menos numerosos, formaron un solo grupo para trabajar el tema de número racional con estudiantes de séptimo grado. La selección de estos temas parte de la experiencia de los docentes en la enseñanza de éstos, porque su opinión deja entrever que estos temas, en contraste con otros de estas mismas áreas, son más difíciles para el aprendizaje.

Una vez conformados los subgrupos, cada uno de ellos eligió las modalidades de protocolos escritos y representaciones gráficas para la exploración de ideas previas. Posteriormente, los docentes analizaron el tipo de preguntas y los principales obstáculos epistemológicos detectados a partir de su experiencia docente durante la enseñanza de los temas seleccionados. La exploración de dichos obstáculos permitió a los docentes identificar las principales dificultades que tienen los estudiantes en el momento del aprendizaje de estos temas. Así, los docentes del área de ciencias naturales cuyos temas se cen-

traban en el origen y evolución de la vida y el ciclo celular crearon el siguiente instrumento para la exploración de ideas previas:

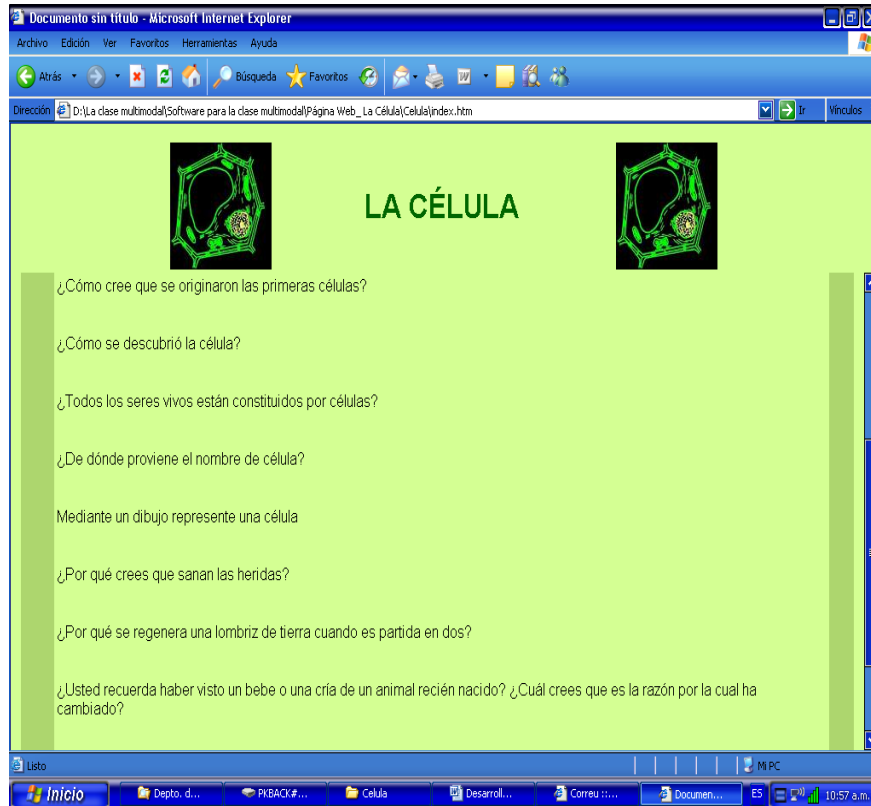
Tal como se observa en este instrumento, las preguntas ¿Cómo cree que se originaron las primeras células? ¿Cómo se descubrió la célula? ¿Todos los seres vivos están constituidos por células? ¿De dónde proviene el nombre de célula? ¿Por qué crees que sanan las heridas? Corresponden a los modelos de exploración de ideas previas mediante protocolos verbales o escritos.

De otra parte, la invitación al estudiante para representar una célula forma parte de la exploración de ideas previas a partir de representaciones gráficas de los conceptos.

La pregunta: ¿Por qué se regenera una lombriz de tierra cuando es partida en dos? ilustra claramente la utilización de modelos explicativos a partir del planteamiento de problemas. Y las preguntas: ¿Usted recuerda haber visto un bebé o una cría de un animal recién nacido? ¿Cuál cree que es la razón por la cual ha cambiado? Corresponde a la exploración de ideas previas mediante la estrategia de establecimiento de analogías y comparaciones.

Otros ejemplos utilizados por parte de los docentes de ciencias naturales para la exploración de ideas previas son los siguientes:

**Figura 5.3 Instrumento de ideas previas del origen de la vida y el ciclo celular**



- Supóngase que usted es parte de una gota de tinta. Si la depositamos en un recipiente que contenga alcohol ¿Por qué transcurridos unos minutos el alcohol toma el color de la tinta? Describa su viaje a través del alcohol y dibújelo.
- Imagínese: si tiene un pedazo de panela u otro material que pueda pulverizar. ¿Hasta dónde cree usted que se pueda dividir sucesivamente dicho material sin que pierda sus propiedades específicas que lo caracterizan?

En estos ejemplos se observa que la exploración de ideas previas se realiza a partir de la combinación de planteamiento de problemas POE (Predecir, Observar y Explicar).

Los docentes de matemáticas, por su parte, partieron de los modelos teóricos que explican el concepto de número racional y de sus diferentes representaciones y, con base en dichos insumos, exploraron las ideas previas de los estudiantes mediante el planteamiento de problemas. Las soluciones a dichos problemas permitieron identificar los modelos de ideas previas en las cuales se sitúan los estudiantes. Así, los docentes del área de matemáticas crearon el siguiente instrumento para la exploración de ideas previas:

**Figura 5.4 Instrumento de ideas previas del concepto de número racional**

1. Al terminar el año los estudiantes de grado once del colegio preparan un viaje a Cartagena. Varias empresas les ofrecen sus servicios; la decisión es difícil ya que para lograr el contrato, cada empresa les propone distintos beneficios. Observemos los folletos de publicidad.

**Empresa  
Vacaciones  
por Colombia**

Viajan 7 y pagan 6

Su mejor  
opcion

**Empresa  
Viajando  
por Colombia**

Viajan 5 y pagan 4

Disfrute el  
mejor  
servicio

❖ Si fueran a viajar 15 estudiantes, como deberán pagar en cada una de las empresas de turismo? Si fueran 20 estudiantes, si fueran 25 estudiantes.

**Justificamos la respuesta y proponemos una conclusión derivada del ejercicio realizado.**

Resultados obtenidos a partir de la elaboración del instrumento de ideas previas

Una de las principales dificultades que tuvieron los docentes en la formulación de este tipo de preguntas es que existe la tendencia a plantearlas de manera declarativa; por ejemplo: ¿Qué es la célula? Mientras que, la formulación de preguntas utiliza palabras tales como *crea*, *qué piensa*, *qué opina*, permiten a



los docentes conocer el pensamiento de los estudiantes aunque éste pueda estar alejado del contexto científico.

Otra dificultad es que los docentes tienden a plantear un gran número de actividades que, aunque conducen a propiciar el uso de múltiples lenguajes, dan origen a un activismo descentralizado que demanda un tiempo considerable en contraposición con los tiempos planteados por la institución.

Otro problema de la formulación de las preguntas de los docentes es la complejidad y extensión de las mismas en las cuales se pierde el objetivo. Hay también otro inconveniente, el diseño de un instrumento que exige una serie de recursos a los cuales no tienen acceso los docentes por razones económicas.

Si es cierto que la analogía constituye un recurso valioso en la enseñanza de las ciencias porque permite el acercamiento del estudiante a la realidad científica, en ciertos momentos su uso genera ideas erróneas debido a que el estudiante asume la representación de la analogía y no del concepto científico.

### **Análisis de la epistemología e historia de los conceptos**

Este proceso que corresponde al segundo componente de la unidad didáctica, se inicia, al igual que las ideas previas, con un tema de formación para los docentes participantes. En este tema de formación, tal como se mencionó en el marco teórico, se parte de la diferencia de los conceptos *epistemología* e *historia de la ciencia*, para dar a conocer a los docentes la importancia que tiene el estudio del concepto científico y la trayectoria de éste a lo largo de la historia. Desde el punto de vista epistemológico se analizan los conceptos seleccionados desde una perspectiva científica y, desde el punto de vista de la historia de la ciencia, se analiza el desarrollo diacrónico de dichos conceptos, para comprender dicha evolución.

### **Aspectos metodológicos para el estudio de la epistemología e historia de los conceptos seleccionados**

Presentamos los aspectos metodológicos que los docentes han tenido en cuenta para el estudio epistemológico e histórico de los siguientes conceptos: *origen de la vida, división celular, continuidad y discontinuidad de la materia y número racional.*

En primer lugar, los docentes partieron de su experiencia de la enseñanza de los conceptos antes mencionados e identificaron los obstáculos más comunes en el momento de presentar dichos conceptos a los estudiantes.

*Obstáculos identificados en la aplicación de la epistemología e historia de los conceptos en el diseño de la unidad didáctica*

Algunos de los obstáculos identificados por los docentes con base en su experiencia en el diseño de la unidad didáctica:

- a. Los docentes consideran que los conceptos y temáticas tratados en los libros de texto presentan la explicación de los conceptos como un resultado y no como un proceso derivado de la dinámica de la ciencia.
- b. Generalmente, los ejemplos de los conceptos en los libros de texto se presenta en una sola dimensión; esto es, se abordan los conceptos desde un determinado punto de vista lo cual le resta importancia a puntos de vista diversos que también ofrecen una explicación.
- c. Los libros de texto usualmente definen los conceptos desde un momento de la evolución histórica sin tener en cuenta la trayectoria de éstos.
- d. El estudiante tiende a recurrir a la memoria para definir el concepto o tiende a remitirse al libro de texto, sin tener en cuenta la reflexión sobre el concepto.
- e. Los docentes aceptan no ser conscientes de los distintos hitos históricos de los conceptos lo que implica el desconocimiento histórico de éstos.
- f. El desconocimiento de las diferentes formas de observar el mismo fenómeno hace que los docentes presenten a los estudiantes los conceptos de manera estática, lo que les impide ver otros modelos que los expliquen; lo anterior dificulta, el tránsito intelectual entre un modelo y otro, tanto a los docentes como a los estudiantes.
- g. Las explicaciones del estudiante de sus propios conceptos, es considerado por el docente como errada.
- h. Los docentes repiten usualmente los estilos de enseñanza de quienes fueron sus profesores y, en muchos casos, dichos estilos no contemplan el análisis epistemológico e histórico de los conceptos.

- i. La carencia de un conocimiento total que permita ver la influencia de las distintas disciplinas en un mismo concepto da origen a una aprehensión de éste como algo único, sin tener en cuenta el aporte de otras ciencias y técnicas en la formación del mismo.

Tras la identificación de los obstáculos, los docentes rastrearon los conceptos objeto de estudio y resaltaron el estado del concepto en los distintos hitos históricos de la disciplina. Una vez hecho este estudio, los docentes se centraron a analizar la explicación propia de la ciencia acerca del concepto. Presentamos el proceso de ejecución del aspecto epistemológico e histórico del concepto en la unidad didáctica.

### *Ejecución del aspecto epistemológico e histórico del concepto para la unidad didáctica*

En esta fase, cada subgrupo realizó la respectiva consulta y presentó por escrito la trayectoria del concepto. A partir de este estudio, los docentes lograron identificar los distintos modelos explicativos que a través del tiempo se han dado acerca del concepto.

En los conceptos *origen y evolución de la vida* y *ciclo celular*, los docentes identificaron cuatro modelos explicativos, a saber:

- 1) El modelo de generación espontánea
- 2) El modelo creacionista
- 3) El modelo migracionista
- 4) El modelo evolucionista

A partir del concepto de *continuidad y discontinuidad de la materia*, se identificaron los siguientes modelos:

1. El modelo macroscópico de la materia
2. El modelo microscópico de la materia (integrado por el modelo de partículas, el modelo atomista, el movimiento Browniano y el principio de Heisenberg).

El concepto de *número racional* se trabajó a partir de los siguientes modelos explicativos:

- 1) La fracción como parte del todo
- 2) La fracción como medidor

- 3) La fracción como razón
- 4) La fracción como cociente indicado

Se llevó a cabo una sesión plenaria con los subgrupos, para socializar los resultados obtenidos en la búsqueda de la información. A partir de dichos resultados, los docentes tomaron decisiones sobre los distintos modos de representación que permitieran presentar los modelos ante los estudiantes, de modo que éstos pudieran superar los obstáculos epistemológicos antes mencionados.

### **Integración de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC)<sup>12</sup> y los múltiples lenguajes en el desarrollo de la unidad didáctica**

Los docentes vinculados al proyecto diseñaron la manera de presentar los diversos conceptos objeto de estudio y, para ello, identificaron posibles modos de representación:

- Representaciones gráficas
- Redacción de textos escritos
- Representaciones orales
- Presentación de esquemas (mapas conceptuales)
- Utilización de la lúdica, entre otros.

Para la integración de las TIC, cada subgrupo elaboró un diseño preliminar que fue elaborado con un formato Página Web<sup>13</sup>; en este formato se integra-

---

<sup>12</sup> Cabe resaltar que desde el inicio del proceso de la investigación el grupo de Informática Educativa de la UAM hizo una búsqueda de software libre. El objetivo era buscar un software que pudiera ser utilizado en la fase de intervención de tecnología para la enseñanza de los conceptos seleccionados. Una vez realizada dicha búsqueda y su respectiva evaluación, se concluyó que el software de libre acceso encontrado no cumplía los requerimientos especificados por parte de los docentes e investigadores participantes. Esta evaluación forma parte del trabajo de grado desarrollado por Navarro, Luisa Fernanda (2006), titulado: *Sistema de Información para el Proyecto Clase Multimodal y la Formación y Evolución de Conceptos Científicos*.

<sup>13</sup> Agradecemos la colaboración de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas adscritos al grupo de Informática Educativa de la UAM: Luisa Fernanda Navarro,

ron los distintos componentes de la unidad didáctica, así como *actividades de apoyo cognitivo* (rompecabezas, sopa de letras, resolución de acertijos, etc.); igualmente, se integraron aspectos relacionados con las TIC: *uso de multimedia, hipertextos, animaciones, simulaciones*, entre otros.

Para la previa elaboración del formato Página Web, se capacitó a los docentes para la utilización de la Plataforma Moodle (plataforma de soporte a cursos virtuales) y el uso adecuado del correo electrónico, con el fin de emplear dichos recursos a través de la investigación. Posteriormente, los docentes de Ciencias Naturales pusieron en práctica sus unidades didácticas en el formato Página Web con la asesoría permanente del grupo de investigadores y estudiantes vinculados al proyecto y, los docentes de Matemáticas, utilizaron la aplicación informática Jclíc<sup>14</sup> para diseñar actividades de apoyo cognitivo. Presentamos algunos ejemplos del contenido del formato página Web y de las actividades desarrolladas con Jclíc<sup>15</sup>:

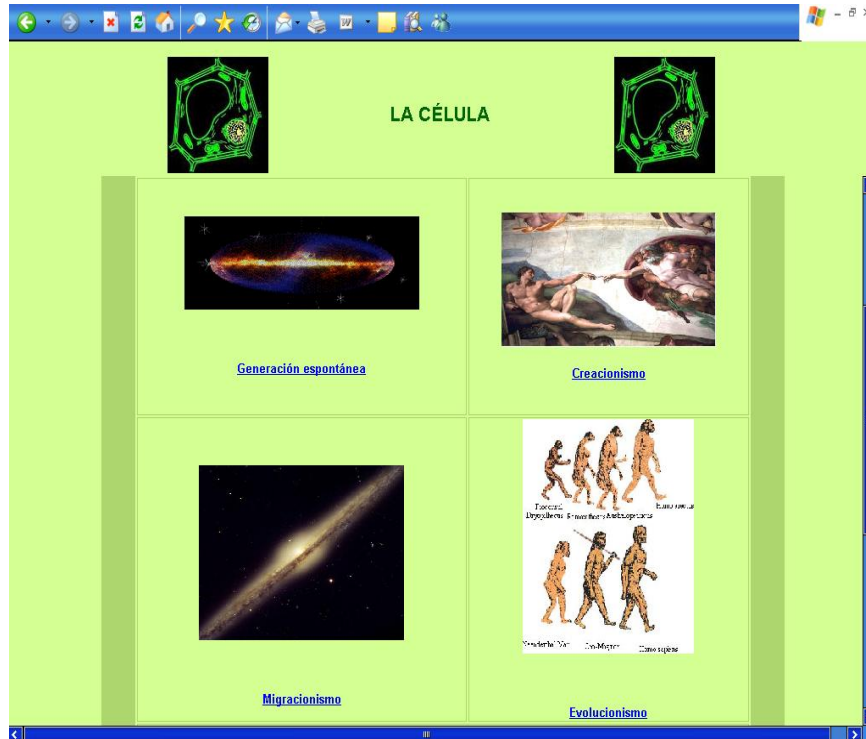
---

María del Pilar Aguirre, John Alexander León, Silvia Juliana Santafé y Alex Triviño.

<sup>14</sup> "Jclíc es un conjunto de aplicaciones de software libre con licencia GNU GPL que sirven para realizar diversos tipos de actividades educativas multimedia: puzzles, asociaciones, ejercicios de texto, crucigramas, sopas de letras, etc. Está desarrollado en la plataforma Java y funciona en sistemas Windows, Linux, Mac OS X y Solaris." Obtenida de: [http://www.ciao.es/Jclíc\\_Opinion\\_1082184](http://www.ciao.es/Jclíc_Opinion_1082184), el día 27 de noviembre de 2006.

<sup>15</sup> Anexamos copia en CD-ROM de las unidades didácticas desarrolladas por cada subgrupo.

**Figura 5.5 Modelos explicativos del origen de la vida y el ciclo celular**



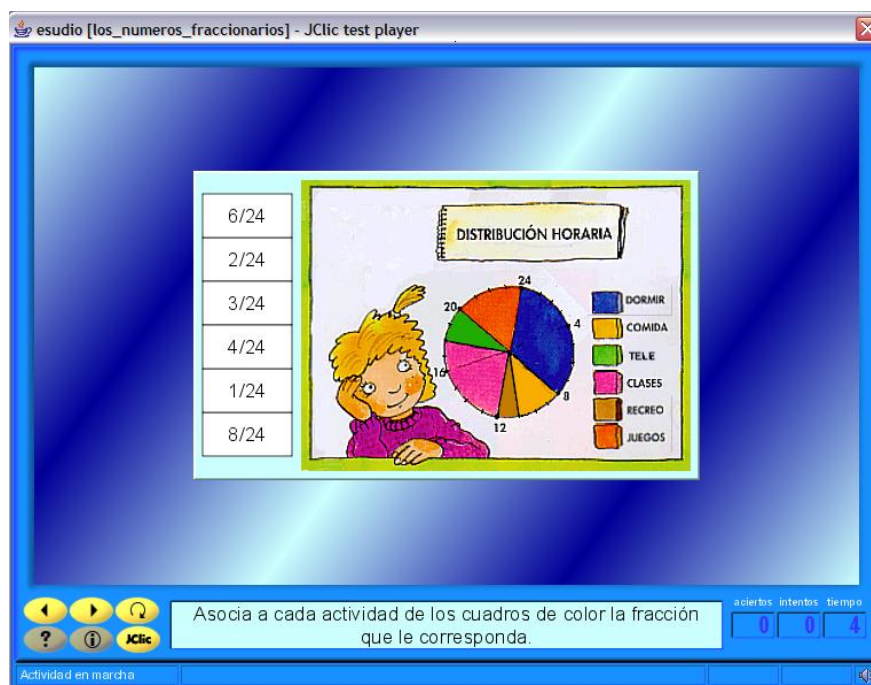
En esta figura se pueden apreciar los diferentes modelos identificados por los docentes para explicar *el origen de la vida y el ciclo celular*. Cada enlace permite a los estudiantes conocer la explicación desde el modelo, su contexto histórico y epistemológico, la ubicación geográfica, la referencia biográfica de los principales representantes de cada modelo y un glosario del léxico propio de la temática. Además, se han integrado elementos multimedia como música y animaciones.

Una vez finalizado el desarrollo de la unidad didáctica con el formato Página Web, los docentes de las distintas instituciones realizaron la intervención educativa en las aulas de informática asignadas al proyecto. Dicha intervención estuvo siempre monitoreada por los docentes, los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y los investigadores vinculados al proyecto.

## Integración de la reflexión Metacognitiva en el desarrollo de la unidad didáctica

Para Quiceno (2006:4–5), el empleo y análisis de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación, acompañadas de los fundamentos y estrategias sugeridas por la metacognición pueden generar mayores avances en los intercambios de aprendizaje y enseñanza, porque la reflexión de la metacognición garantiza una utilización consciente de la tecnología en la formación educativa y se aparta de un uso, limitado a la sola comunicación de información, que podría dar lugar el uso de las TIC.

**Figura 5.6 Actividades desarrolladas mediante la aplicación Jclíc**



Este último aspecto nos permite observar, la integración de los distintos componentes que forman parte de la unidad didáctica de este proceso. En este caso particular vemos la integración de las TIC acompañada de la re-

flexión metacognitiva. En los docentes, esta reflexión se dio en el concepto mismo de enseñanza; es decir, los docentes pasaron de una enseñanza basada en la transmisión de conceptos a una enseñanza centrada en la reflexión de su propio saber pedagógico, lo que les permitió integrar las TIC y los múltiples lenguajes como estrategias para lograr dicha reflexión.

En los estudiantes, la reflexión metacognitiva se dio en el concepto de aprendizaje; esto es, los estudiantes pasaron de un aprendizaje fundado en la autoridad (saber del profesor y del libro de texto) a un aprendizaje basado en la negociación cognitiva; es decir, una negociación entre su propio saber, el saber del docente, el del libro de texto y el saber de sus demás compañeros de clase.

### ***Aspectos metodológicos para las actividades de reflexión Metacognitiva***

En este apartado describimos como los docentes lograron integrar las actividades de reflexión metacognitiva con el desarrollo de la unidad didáctica. En primer lugar, cada subgrupo recibió capacitación, por parte del grupo de investigadores del proyecto, acerca de las distintas posiciones teóricas de la metacognición (Véase apartado 2.1.4.).

En la capacitación, los docentes iniciaron el diseño de un instrumento de reflexión metacognitiva que acompañó todo el desarrollo de la unidad didáctica, de modo que dicho instrumento se incluyó también en el formato Página Web.

#### *Desarrollo del instrumento*

- 1) Cada subgrupo partió del análisis de un instrumento modelo<sup>16</sup> que generó reflexión metacognitiva en torno a los procesos de aprendizaje de las áreas temáticas seleccionadas para los estudiantes.
- 2) Con base en el instrumento modelo, cada subgrupo elaboró sus propias propuestas para lograr la reflexión metacognitiva.
- 3) Una vez presentadas las propuestas, el grupo de investigadores hizo una revisión y ofreció una realimentación de ellas a partir de una sesión plenaria. Esta sesión de socialización permitió a cada subgrupo conocer los distintos instrumentos y, de esta manera, modificar y refinar cada versión

---

<sup>16</sup> Hacemos referencia al instrumento diseñado por Tamayo (2001).



hasta llegar a un instrumento más elaborado. Este instrumento se integró al diseño de la unidad didáctica en el formato Página Web.

Tal como se mencionó anteriormente, este ejercicio de elaboración del instrumento condujo a los docentes a reflexionar acerca de los procesos de enseñanza utilizados por ellos hasta el momento.

Como observamos en la figura 5.8, los docentes plantearon la reflexión metacognitiva a partir de diversas preguntas. Sin embargo, es importante aclarar que dicha reflexión también ocurre en el desarrollo de las actividades planteadas en el aula de clase. En este caso, los docentes hacen un alto o un llamado de atención en el momento del desarrollo de la actividad, e invitan a los estudiantes a reflexionar sobre ésta.

**Figura 5.7 Reflexión metacognitiva acerca del origen de la vida**



The image shows a screenshot of a web browser displaying a page with a light green background. At the top, there is a blue Windows taskbar. The page content includes two diagrams of plant cells on either side of the title 'LA CÉLULA'. Below the title is a dark green box with the text 'ASPECTOS METACOGNITIVOS'. Underneath this box is a white box containing three numbered questions in Spanish. At the bottom left of the page, there is a purple link labeled 'Volver'.

**LA CÉLULA**

**ASPECTOS METACOGNITIVOS**

1. ¿Que pensó al encontrar otras explicaciones sobre el origen de la vida?. Describa lo que pensó.
2. ¿Haga un dibujo en donde represente cada una de las teorías que explican el origen de la vida?. Al elaborar el dibujo, ¿Que ideas pasaron por tu mente?, escribalas.  
¿Pensó en otro dibujo antes de decidirse por el que realizó?. ¿si o no?, ¿por qué?
3. ¿Pensó en un plan para realizar la dramatización de las diferentes teorías?, describa los pasos que siguió.

[Volver](#)

**Figura 5.8 Reflexión metacognitiva de la evolución celular**



The image shows a screenshot of a web browser window. The browser's address bar and toolbar are visible at the top. The main content area has a light green background. At the top center, the text "LA CÉLULA" is displayed in black, flanked by two identical images of a plant cell. Below this, a dark green rectangular box contains the text "ASPECTOS METACOGNITIVOS" in white. Underneath, a larger light green box contains three numbered reflective questions in black text. At the bottom left of the page, there is a small purple link labeled "Volver".

LA CÉLULA

ASPECTOS METACOGNITIVOS

1. ¿Qué cree que el profesor quería lograr con la presentación de la evolución celular?. Explique.
2. ¿Qué ideas surgieron al entender la evolución celular?. Describalas.
3. ¿Qué hizo usted para llegar a los conocimientos que ahora tiene sobre la evolución celular?. ¿Qué piensa ahora de esos conocimientos?.

[Volver](#)

## **Tercera parte**

### **Principales resultados de investigación derivados de la aplicación de las unidades didácticas**



## Capítulo 6

### Unidad didáctica para la enseñanza del concepto: Origen de la vida y de la célula<sup>17</sup>



La célula



En este capítulo se presenta una versión en Word de la unidad didáctica diseñada por los profesores para la enseñanza de conceptos acerca del origen de la vida, de la célula y la evolución. Un recorrido más detallado de las diferentes actividades presentadas y de las distintas mediaciones empleadas en el proceso de enseñanza se encuentra en el CD que acompaña este informe de investigación, por tal razón, el lector podrá obviar la lectura de este capítulo y, si así lo desea, pasar a interactuar con el material electrónico.

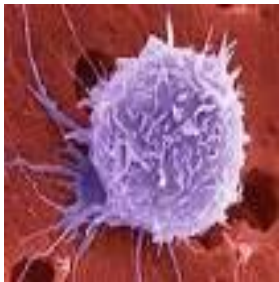
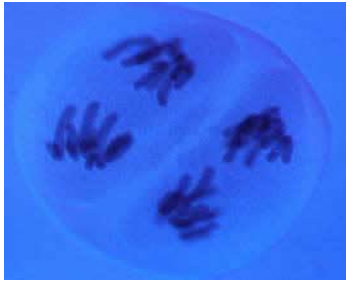
---

<sup>17</sup> Capítulo elaborado por el grupo de profesores de biología que participó en la investigación. Los créditos se dan al final de la unidad.

Aquí podrá obtener información de los temas del origen y evolución de la vida, la célula (mitosis). Además encontrará preguntas y actividades complementarias de los temas. También encontrará cuestionamientos que permiten reflexionar sobre los mismos.

Esta página es parte del proyecto de investigación: “La clase multimodal, la formación y evolución de conceptos científicos, mediante el uso de Tecnologías de Información y Comunicación”.COLCIENCIAS.

Número de referencia 1219-11-17061, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES (UAM), CINDE-Universidad de Manizales.

<b>Índice</b>		
	<b>Taller de ideas previas</b>	
	<b>Origen y evolución de la vida</b>	
	<b>El ciclo celular</b>	

Evaluación de ideas previas

¿Cómo cree que se originaron las primeras células?

¿Cómo se descubrió la célula?

¿Todos los seres vivos están constituidos por células?

¿De dónde proviene el nombre de célula?

Mediante un dibujo represente una célula

¿Por qué cree que sanan las heridas?

¿Por qué se regenera una lombriz de tierra cuando es partida en dos?

¿Usted recuerda haber visto un bebé o una cría de un animal recién nacido?  
¿Cuál cree que es la razón del cambio?

Origen y evolución de la vida

A continuación estudiaremos algunas de las teorías que explican como apareció la vida en el Universo. Haremos referencia a cuatro explicaciones que dan cuenta de este hecho; cada una de ellas observa el origen de la vida desde diferentes puntos de vista.

No es extraño encontrar en la historia del Hombre la creencia común que ciertos seres vivientes se originaron repentina y espontáneamente a partir de sustancias inanimadas; este concepto se conoce como generación espontánea. Las civilizaciones antiguas creían que ciertas formas vivientes se originaban directamente de las formas no vivas. Por ejemplo: los egipcios y babilonios creían que los gusanos, sapos, víboras y ratones se formaban del lodo del Nilo.

En Grecia, India y Europa, se pensaba que las moscas, abejas y larvas se originaban del sudor; los ratones de los desechos y de la tierra húmeda; los microorganismos de caldos e infusiones pútridas, etc.

La creencia en la generación espontánea de la vida fue una de las partes integrantes de las tradiciones religiosas de la India, Babilonia y Egipto.

Los científicos y pensadores prominentes tales como Havey, Bacon y Descartes de las civilizaciones occidentales, también aceptaron este dogma. Todos ellos conciben en el origen de las formas vivas a partir de las inanimadas, hecho considerado perfectamente factible y sin disputa.

### **Generación espontánea**

En biología, la *abiogénesis*, *autogénesis* o *generación espontánea* es un concepto en desuso que sostenía que la vida animal y vegetal podía surgir de forma espontánea a partir de materia orgánica en descomposición.

Este concepto indicaba que surgían gusanos del fango, moscas de la carne podrida, cochinillas de los lugares húmedos. Así, la idea de que la vida se estaba originando continuamente en la Tierra a partir de esos restos de materia orgánica se denominó *generación espontánea*.

Sin embargo, diversos experimentos realizados entre los siglos XII y XVIII revelaron que los gusanos o las moscas, por ejemplo, sólo aparecían si había huevos de estos animales. Aún así se siguió pensando que los microorganismos podían surgir de forma espontánea de los llamados *caldos nutritivos*.

En la segunda mitad del siglo XIX, Louis Pasteur realizó una serie de experimentos que probaron definitivamente que también los microbios se originaban a partir de otros microorganismos. Así, gracias a Luis Pasteur, la idea de la generación espontánea fue desterrada del pensamiento científico y, a partir de entonces, se aceptó de forma general el principio que decía que *todo ser vivo procede de otro ser vivo*.

### **Creación**

Nuestras propias tradiciones religiosas (Religión Católica) relacionaban el principio de la generación espontánea con mandatos de origen divino. Al tercer día de la creación, de acuerdo con el Génesis, Dios separó las aguas de la tierra para crear las cosas vivas: primero las plantas, luego los peces, aves, animales terrestres y, finalmente, el Hombre.

### **La migración**

Teoría propuesta por Svante Arrhenius, sugirió que ciertos gérmenes y semillas podrían haber sido transportados desde otros planetas hasta la Tierra. En este caso, la vida terrestre podría ser el resultado de una colonización procedente de otros planetas. El obstáculo más importante de esta teoría es que la vida no puede sobrevivir al frío, la sequedad, las radiaciones y el calor.

Este planteamiento no responde al interrogante de cómo se originó la vida sino que la traslada a otro lugar del espacio; pero continúa el interrogante ¿cómo y cuándo apareció?

### **Teoría de la evolución**

Trata de explicar cómo se transformó la materia inerte hasta dar origen al primer ser vivo. Se cree que en un comienzo, la tierra era una masa incandescente que se enfrió lentamente a través de millones de años. Al “enfriarse” la tierra se formó la parte sólida con muchos volcanes, los cuales expulsaron gases que formaron la atmósfera primitiva. Dicha atmósfera contenía abundante cantidad de hidrógeno, metano, amoníaco y vapor de agua. Las radiaciones procedentes del sol incidieron en la mezcla anterior, dando lugar a la formación de moléculas orgánicas.

El vapor de agua al ascender a las partes frías de la atmósfera cambió al estado líquido, precipitándose en forma de lluvia, que al caer sobre las rocas aún calientes se evaporó, repitiéndose este ciclo durante mucho tiempo. Las lluvias arrastraron en su recorrido los compuestos orgánicos que se depositaron



junto con el agua en las partes bajas. De esta manera se formaron los océanos primitivos cuya característica principal fue la de conformar un verdadero “caldo de cultivo” que serviría de alimento a los primeros seres vivos. Es probable entonces que aparecieran organismos muy simples que subsistieron gracias al “caldo nutritivo”.

El agua y las altas temperaturas existentes en estos océanos, conformaron el medio adecuado para que las moléculas orgánicas sencillas evolucionaran químicamente hacia otras más complejas.

Los organismos primitivos muy sencillos, aunque completos, estuvieron sometidos durante millones de años a una “selección natural”; las formas mejor constituidas dieron lugar a otras más complejas.

### **Aspectos metacognitivos**

1. ¿Qué pensó al encontrar otras explicaciones sobre el origen de la vida? Describa lo que pensó.
2. Haga un dibujo en el cual represente cada una de las teorías que explican el origen de la vida. Al elaborar el dibujo. ¿Qué ideas pasaron por su mente?, escríbalas.
3. ¿Pensó en otro dibujo antes de decidirse por el que realizó? ¿sí o no?, ¿por qué?
4. ¿Pensó en un plan para realizar la dramatización de las diferentes teorías?, describa los pasos que siguió.

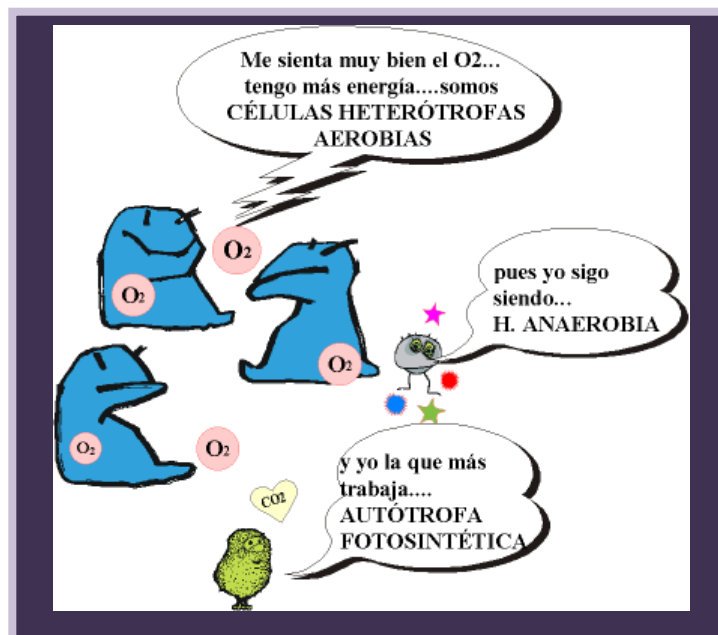
### **Evolución celular**

Carl Woese (1980) denominó protobionte o progenote al antepasado común de todos los organismos y representaría la unidad viviente más primitiva, pero dotada ya de la maquinaria necesaria para realizar la transcripción y la traducción genética. De este tronco común surgirían en la evolución tres modelos de células procariotas: arqueas, urcariotas y bacterias.

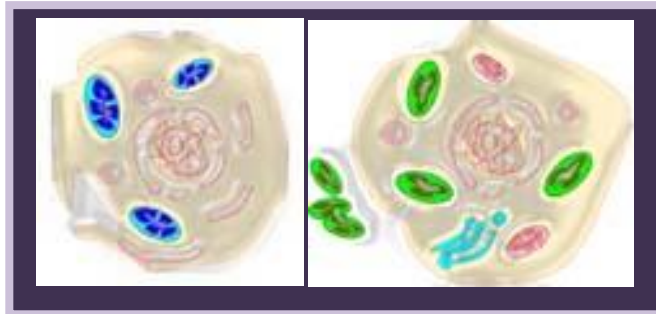
Durante un período de más de 2.000 millones de años, solamente existieron estas formas celulares, por lo que se puede pensar que se adaptaron a vivir en todos los ambientes posibles y “ensayarían” todos los mecanismos factibles para poner a prueba su metabolismo.

La evolución celular se produjo en estrecha relación con la evolución de la atmósfera y los océanos. La teoría más aceptada es:

1. las primeras células serían *heterótrofas anaerobias*, utilizarían como alimento las moléculas orgánicas presentes en el medio. Como estas moléculas terminarían por agotarse, podría haber ocurrido *una primera crisis ecológica*, si no hubiera sido porque en algún momento de la evolución celular ...
2. algunas células *aprendieron* a fabricar las moléculas orgánicas mediante la fijación y reducción del  $\text{CO}_2$ . Se iniciaba así *la fotosíntesis*, como un proceso de nutrición autótrofa. El empleo del agua en la fotosíntesis como donante de electrones, tuvo como origen la liberación de  $\text{O}_2$  y por tanto la transformación de la atmósfera reductora y oxidante que hoy conocemos. Empezó una revolución del oxígeno que causaría la muerte de muchas formas celulares para las que fue un veneno, otras se adaptarían a su presencia y ...
3. algunas células aprendieron a utilizarlo para sus reacciones metabólicas, lo que dio lugar a la *respiración aerobia*, fabricaron una *nutrición heterótrofa aerobia*.

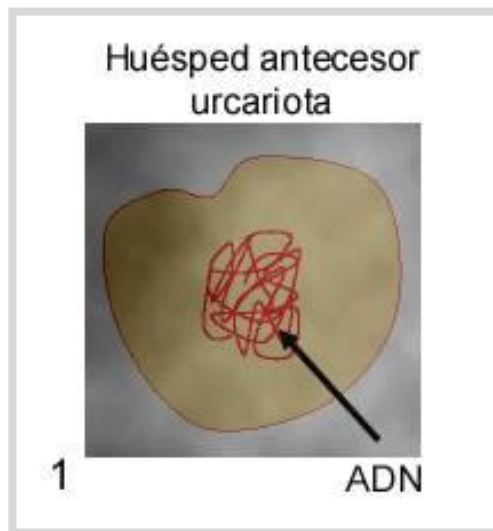


Estas formas celulares tienen organización procariota y son pequeñas. A partir de ellas, se piensa que evolucionaron las células eucariotas.

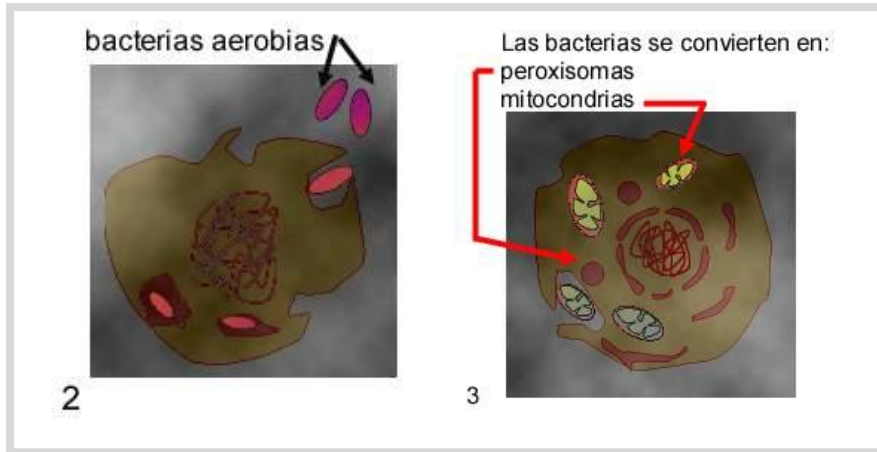


### Teoría endosimbiótica

El siguiente paso en la evolución celular fue la aparición de las *eucariotas* hace unos 1.500 millones de años.

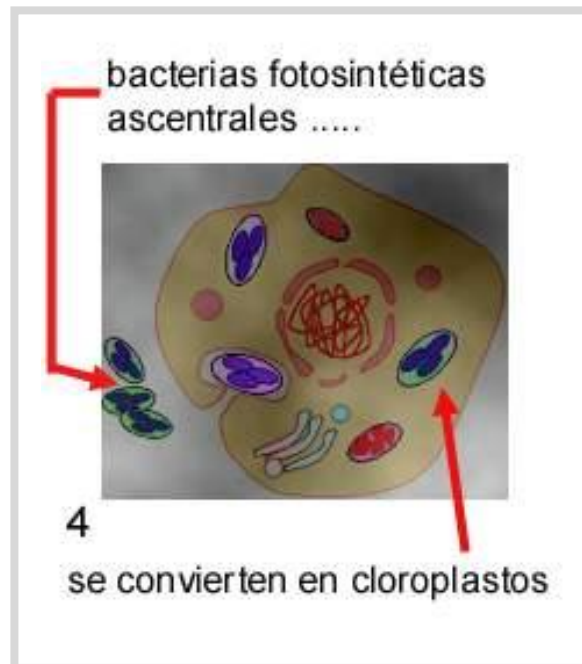


Lynn Margulis, en su *teoría endosimbiótica* supone que se originaron a partir de una primitiva célula procariota, que perdió su pared celular, pérdida que le permitió aumentar de tamaño, esta primitiva célula es conocida con el nombre de *urcariota*. Esta en un momento dado, englobaría a otras células procarióticas, estableciéndose entre ambos una relación endosimbionte.



Algunas fueron las precursoras de los *peroxisomas*, con capacidad para eliminar sustancias tóxicas formadas por el creciente aumento de oxígeno en la atmósfera.

Otras fueron las precursoras de las *mitocondrias*, encargadas en un principio de proteger la célula huésped contra su propio oxígeno.



Por último, algunas células procariotas fueron las precursoras de los *cloroplastos*. De hecho, mitocondrias y cloroplastos son similares a las bacterias en muchas características y se reproducen por división. Poseen su propio ADN y ARN ribosómicos semejantes a los de las bacterias.

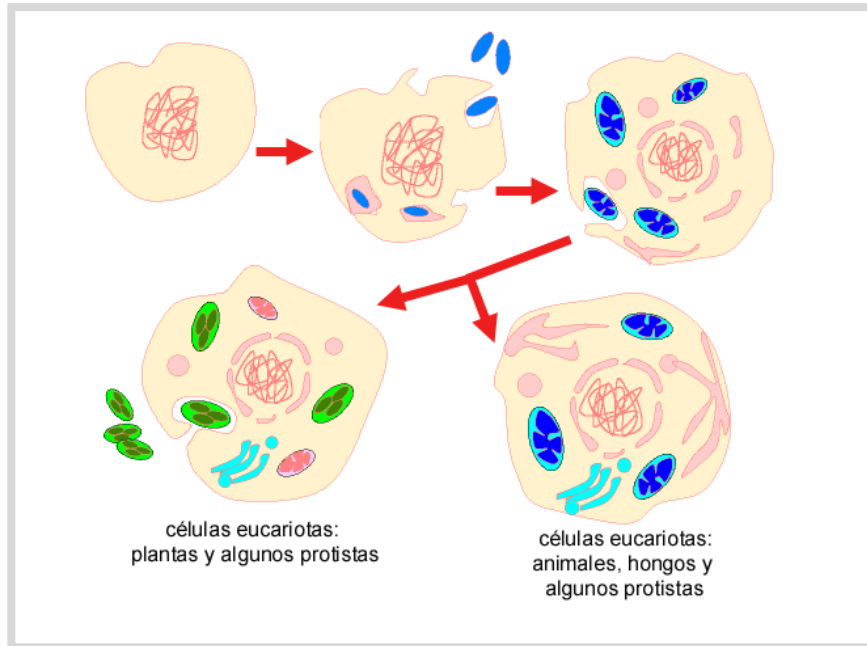
La incorporación intracelular de estos organismos procarióticos a la primitiva célula urcariota, le proporcionó dos características fundamentales de las que carecía:

1. La capacidad de un *metabolismo oxidativo*, con lo cual la célula anaerobia pudo convertirse en aerobia.
2. La posibilidad de *realizar la fotosíntesis* y por tanto ser un organismo autótrofo capaz de utilizar como fuente de carbono el CO<sub>2</sub> para producir moléculas orgánicas.

Así mismo, la célula primitiva le proporcionaba a las procariotas simbioses un entorno seguro y alimento para su supervivencia.

Se trataría de una endosimbiosis altamente ventajosa para los organismos implicados, ya que todos ellos habrían adquirido particularidades metabólicas que no poseían por sí mismos separadamente, ventaja que sería seleccionada en el transcurso de la evolución.

En el siguiente dibujo, puede verse esquematizada esta teoría endosimbiótica:



### **Aspectos metacognitivos**

1. ¿Qué cree que el profesor quería lograr con la presentación de la evolución celular? Explique.
2. ¿Qué ideas surgieron al entender la evolución celular? Descríbalas.
3. ¿Qué hizo usted para llegar a los conocimientos que ahora tiene de la evolución celular? ¿Qué piensa ahora de esos conocimientos?

### **El ciclo celular eucariota**

Tal como lo expresa la teoría celular: *todas las células se forman a partir de células preexistentes*. El crecimiento y desarrollo de los organismos vivos depende del crecimiento y multiplicación de sus células. Cuando una célula se divide, la información genética contenida en su ADN debe duplicarse de manera precisa y luego las copias se transmiten a cada célula hija. En los procariotas este proceso de división es sencillo y recibe el nombre de fisión binaria. En los eucariotas el ADN está organizado en más de un cromosoma, que constituye el proceso de división celular más complejo.

A pesar de las diferencias entre procariotas y eucariotas, existen numerosos puntos en común entre la división celular de ambos tipos de células, que deben pasar por cuatro etapas:

- Crecimiento
- Duplicación del ADN
- Separación del ADN “original” de su “réplica” (para ello se empaqueta en forma de unidades discretas o cromosomas)
- Separación de las dos células “hijas”, etapa final de la división celular.

Ciclo celular: Es la secuencia cíclica de procesos en la vida de una célula eucariota que conserva la capacidad de dividirse. Consta de interfase, mitosis y citocinesis. El lapso de tiempo requerido para completar un ciclo celular es el *tiempo de regeneración*.

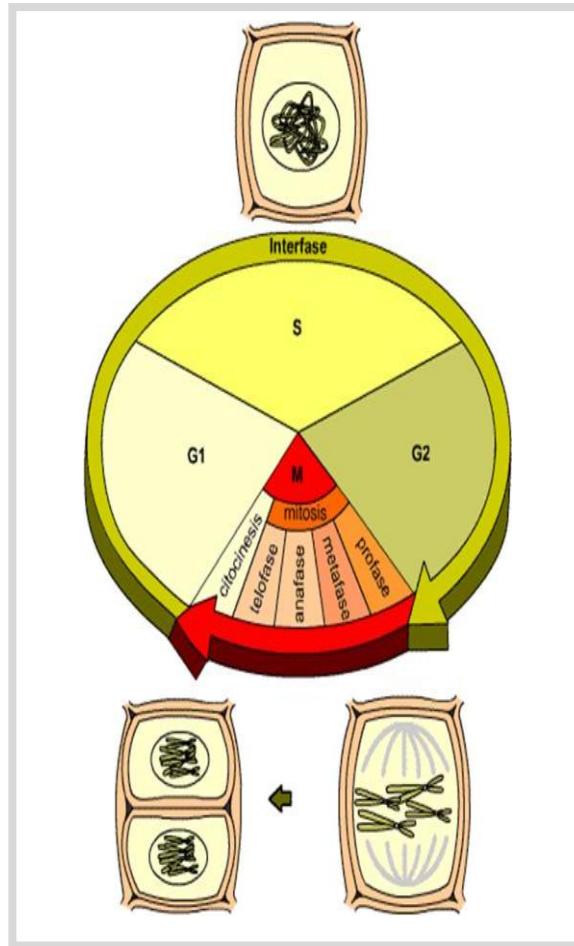
En general, todas las células pasan por dos períodos en el curso de su *ciclo celular*:

- Uno de *interfase*, período durante el cual la célula crece, replica su ADN y se prepara para la siguiente división.
- Período de división o *fase M*, estadio más dramático de la célula, que produce dos sucesos a la vez:

*Mitosis* o división del núcleo, en el cuál se separan los cromosomas hijos, replicados anteriormente y ...

*Citocinesis* o división del citoplasma en dos células hijas.

La división celular mitótica produce dos células hijas, genéticamente idénticas a la célula original.



### **ADN y cromosomas**

Antes de describir estos procesos del ciclo celular, repasemos algunos conceptos.

La función esencial del núcleo es almacenar y proporcionar a la célula la información contenida en la molécula de ADN.

La molécula de ADN se encuentra en el núcleo, asociada a proteínas denominadas histonas y otras proteínas no históricas en una estructura filamentososa denominada cromatina.



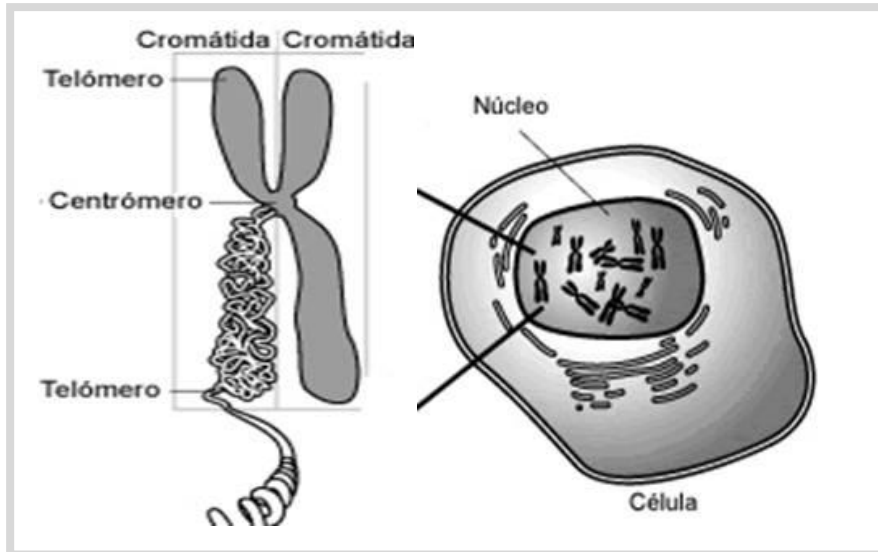
Esta compactación permite que la larga molécula de ADN quepa en el núcleo celular.

Durante la interfase la cromatina está dispersa o no compacta. Esta etapa de dispersión máxima es la que permite al ADN estar disponible para efectuar sus funciones de replicación y transcripción.

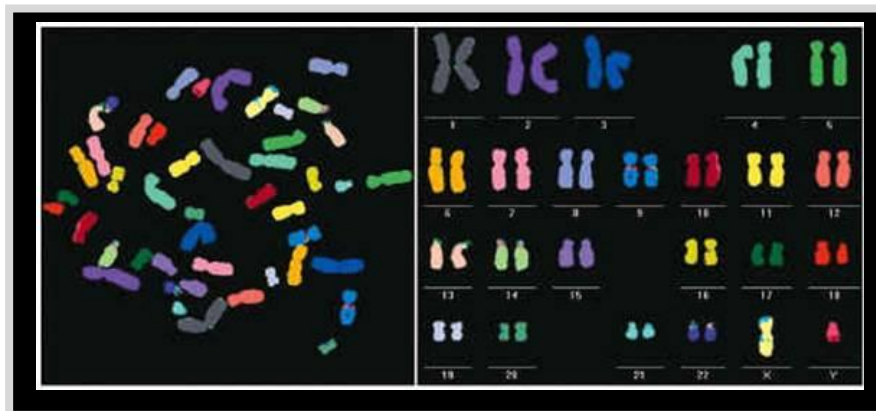


Durante la división celular, el núcleo sufre cambios muy importantes ya que esta cromatina debe condensarse aún más para poder distribuirse entre las dos células hijas. La cromatina condensada forma cuerpos compactos, denominados cromosomas que son asociaciones complejas de ADN y proteínas.

Sólo durante la fase de la mitosis del ciclo celular el ADN se presenta condensado formando cromosomas. En el resto del ciclo celular (Interfase) la cromatina está dispersa.

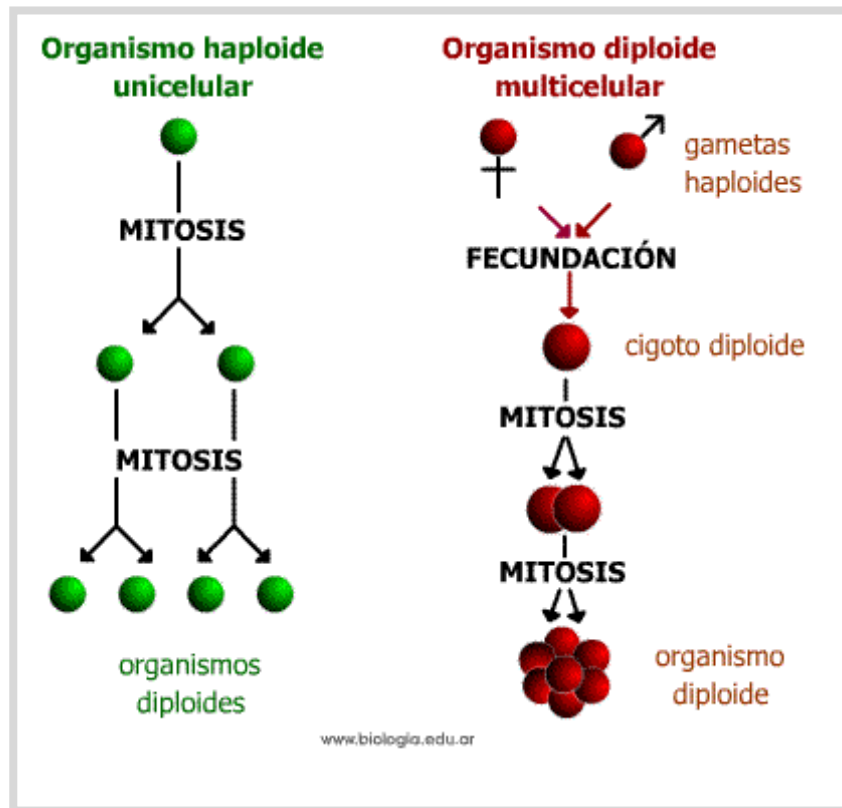


A excepción de los gametos, cada célula del cuerpo o SOMÁTICA de un individuo posee un número idéntico de cromosomas (46 en el ser humano) los cuales se presentan por pares. Un miembro del par proviene de cada padre. Cada miembro del par se denomina HOMÓLOGO. Así, el ser humano tiene 23 pares de homólogos. El número original de cromosomas de una célula se denomina DIPLOIDE. La continuidad del número cromosómico de una especie se mantiene por una clase de división celular denominada MITOSIS.



### **Cariotipo humano**

En los organismos unicelulares, la división celular implica una verdadera reproducción ya que por este proceso se producen dos células hijas. En los organismos multicelulares sin embargo, derivan de una sola célula: CIGOTO y, la repetida división de ésta y sus descendientes determinan el desarrollo y crecimiento del individuo.



En resumen, el Ciclo Celular Eucariota engloba las siguientes secuencias

- Crecimiento
- Réplica del ADN
- Mitosis

Nuevo proceso de crecimiento

## **Interfase y mitosis**

### ***Interfase***

La vida de las células transita por dos etapas que alternan cíclicamente: interfase y división. La interfase se subdivide en tres períodos G1, S y G2.

- ✓ G1: (G por gap: intervalo) En esta fase tienen lugar las actividades de la célula: secreción, conducción, endocitosis, etc. Comenzando a partir de la citocinesis de la división anterior, la célula hija resulta pequeña y posee un bajo contenido de ATP producto del gasto experimentado en el ciclo anterior, por lo que en este período se produce la acumulación del ATP necesario y el incremento de tamaño celular. Es el período más variado, puede ser días, meses o años. Las células que no se dividen nuevamente (como las nerviosas o del músculo esquelético) pasan toda su vida en este período, que en estos casos se denomina G0, porque las células se retiran del ciclo celular.
- ✓ S: Fase de síntesis o réplica del ADN, comienza cuando la célula adquiere el tamaño suficiente y el ATP necesario. Dado que el ADN lleva la información genética de la célula, antes de la mitosis deben generarse dos moléculas idénticas para repartirlas entre las dos células hijas. Durante la interfase el ADN asociado a las histonas constituye la cromatina, que se encuentra desenrollada en largas y delicadas hebras. El ADN es una doble hélice que se abre y cada cadena es usada como molde para la producción de una nueva cadena, que queda unida a la original usada como molde. Por esta razón la réplica del ADN se denomina semiconservativa. Estos nuevos ADNs quedan unidos por el centrómero hasta la mitosis, y reciben el nombre de *Hermanas Cromátidas*.
- ✓ G2: es el tiempo que transcurre entre la duplicación del ADN y el inicio de la mitosis. Dado que el proceso de síntesis consume una gran cantidad de energía, la célula entra nuevamente en un proceso de crecimiento y adquisición de ATP. La energía adquirida durante la fase G2 se utiliza para el proceso de mitosis.

Factores ambientales tales como cambios de temperatura, el PH y la caída de los niveles de nutrientes llevan a la disminución de la velocidad de división celular. Cuando las células detienen su división, generalmente lo hacen en una fase tardía de la G1, denominado el punto R (por restricción).

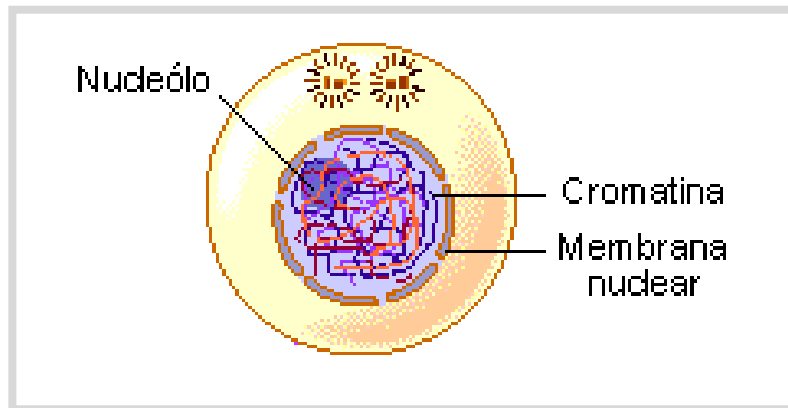
### ***Mitosis:***

¿Qué es mitosis?

Mitosis es la división nuclear más citocinesis, y produce dos células hijas idénticas durante la profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.

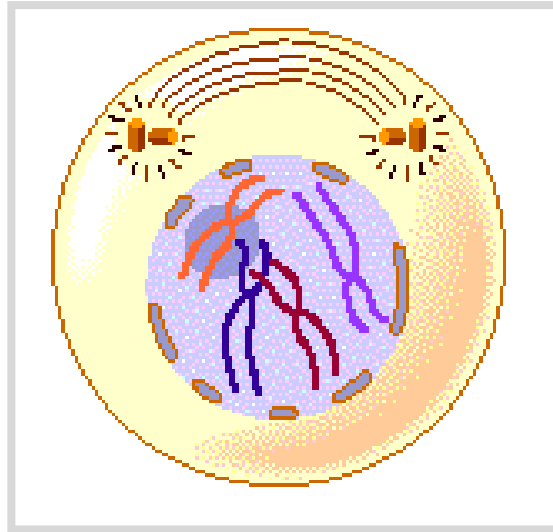
### *Interface*

La célula está ocupada en la actividad metabólica preparándose para la mitosis (las próximas cuatro fases que conducen e incluyen la división nuclear). Los cromosomas no se disciernen claramente en el núcleo, aunque una mancha oscura llamada nucléolo, puede ser visible. La célula puede contener un par de centriolos, que son sitios de organización para los microtúbulos.



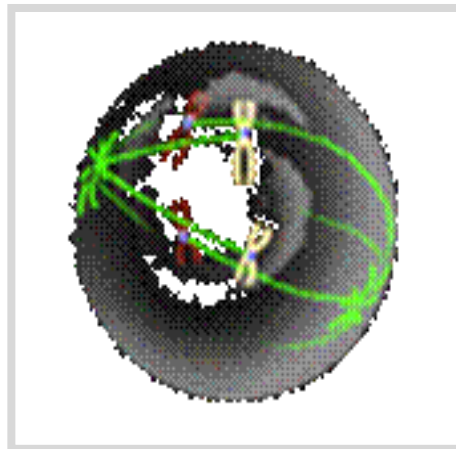
### *Profase*

La cromatina en el núcleo comienza a condensarse y se vuelve visible en el microscopio óptico como cromosomas. El nucléolo desaparece. Los centriolos comienzan a moverse a polos opuestos de la célula y fibras se extienden desde los centrómeros. Algunas fibras cruzan la célula para formar el huso mitótico.



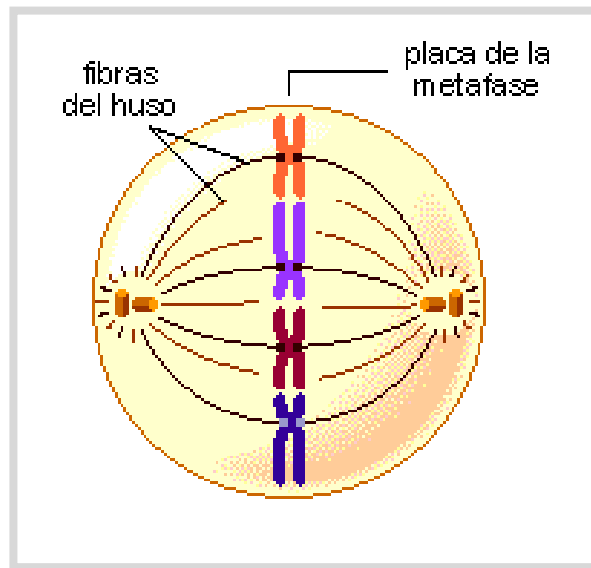
### *Prometafase*

La membrana nuclear se disuelve, marcando el comienzo de la prometafase. Las proteínas se adhieren a los centrómeros creando los cinetocoros. Los microtúbulos se adhieren a los cinetocoros y los cromosomas comienzan a moverse.



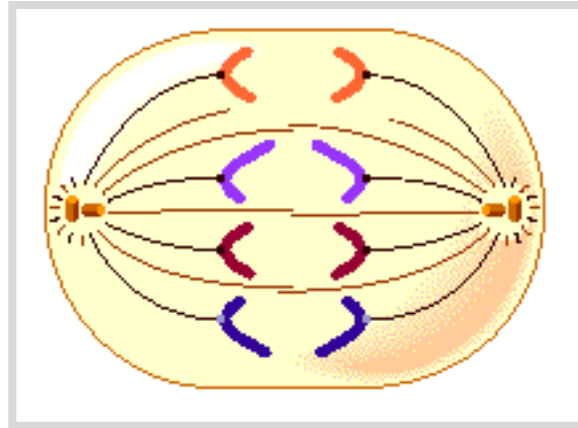
## *Metafase*

Fibras del huso alinean los cromosomas a lo largo del medio del núcleo celular. Esta línea es referida como, el plato de la metafase. Tal organización ayuda a asegurar que en la próxima fase, cuando los cromosomas se separan, cada nuevo núcleo recibirá una copia de cada cromosoma.



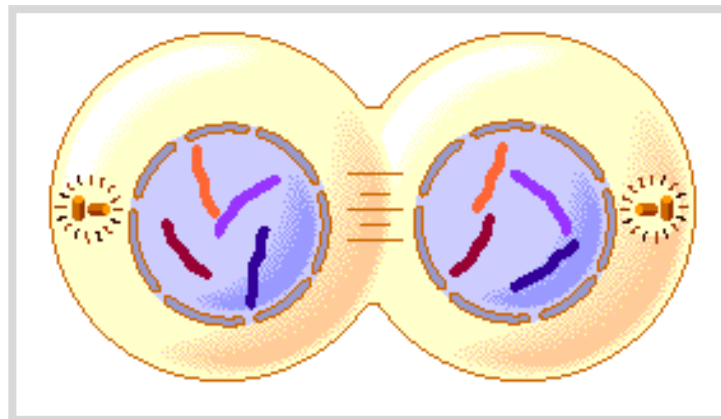
## *Anafase*

Los pares de cromosomas se separan en los cinetocoros y se mueven a lados opuestos de la célula. El movimiento, es el resultado de una combinación del movimiento del cinetocoro a lo largo de los microtúbulos del huso y la interacción física de los microtubulos polares.



### Telofase

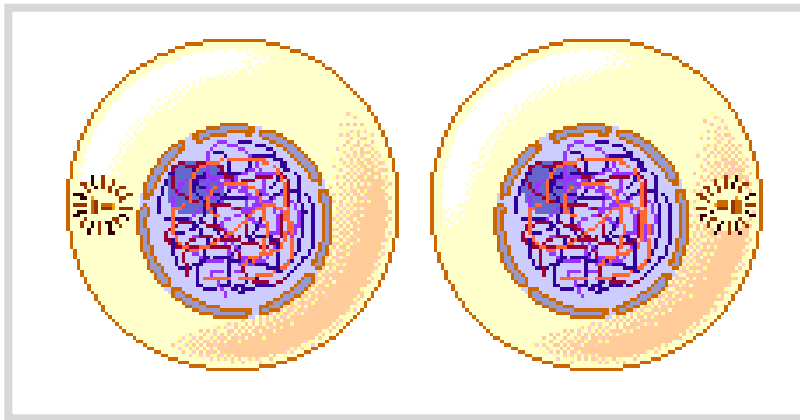
Los cromátidas llegan a los polos opuestos de la célula, y nuevas membranas se forman alrededor de los núcleos hijos. Los cromosomas se dispersan y ya no son visibles con el microscopio óptico. Las fibras del huso se dispersan, y la citocinesis o la partición de la célula pueden comenzar también durante esta etapa.





### *Citocinesis*

En células animales, la citocinesis ocurre cuando un anillo fibroso compuesto de una proteína llamada actina, alrededor del centro de la célula se contrae pellizcando la célula en dos células hijas, cada una con su núcleo. En células vegetales, la pared rígida requiere la sintetización de la placa celular entre las dos células hijas.



### **COMPROBACIÓN DE MIS CONOCIMIENTOS**

1. Dibuje y explique la diferencia entre la etapa de profase y metafase.
2. Elabore una historieta en la cual pueda explicar cada una de las etapas del ciclo celular.
3. ¿Cuál cree que es el propósito de este ejercicio?
4. ¿Pensó en un plan antes de resolver el ejercicio?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿Cuál fue?

5. ¿Considera que el plan funcionó bien? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

6. Seleccione la opción con la cual esté más de acuerdo

\_\_\_\_\_ Estoy seguro / segura que el proceso seguido es el correcto

\_\_\_\_\_ Considero que el proceso hecho es incorrecto

\_\_\_\_\_ No sé si el proceso que hice es correcto o incorrecto

Afianzo mis conocimientos.

### ***Proceso de germinación***

*Obstáculo.* Dificultad de abstracción de lo macro a lo micro en la enseñanza de las fases.

#### ***Identificación de las fases de la mitosis en células de la cebolla***

*Meta de calidad.* Identificar en el microscopio las diferentes fases del proceso de mitosis en células de la cebolla de huevo para que pueda fundamentar la organización del mundo microscópico.

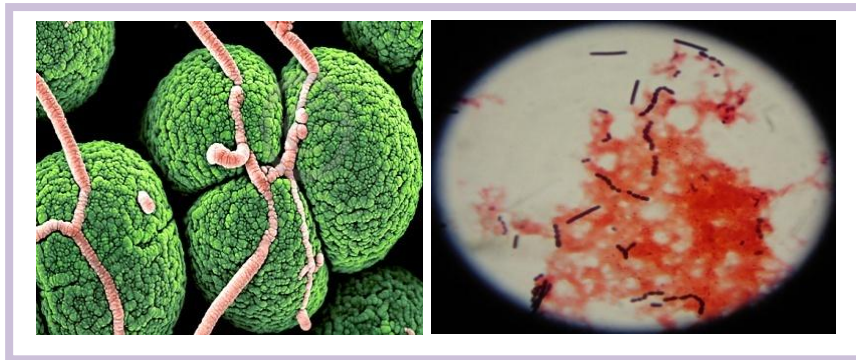
- 1) Coloque una cebolla de huevo en un vaso con agua durante tres días.
  - a) ¿Para qué cree que se sumerge la cebolla de huevo en el agua?
- 2) Corte un centímetro del extremo de la raíz y colóquelo durante cinco minutos en un frasquito que contenga alcohol antiséptico. Páselo luego a alcohol puro por tres minutos.
- 3) Coloque luego la raíz en una mezcla de alcohol y ácido clorhídrico diluido, por tres minutos.
  - a) *Precaución:* El ácido clorhídrico es corrosivo y puede quemarle la piel si lo toca . Solicite ayuda a su orientador.
- 4) Coloque la raíz sobre el portaobjetos y agregue una gota de hematoxilina férrica. Deje pasar dos minutos. Ahora caliéntela pasando el portaobjeto dos o tres veces sobre la llama de un mechero.
- 5) Cubra la muestra con el cubreobjetos y aplástela con cuidado con la ayuda del borrador de un lápiz.
- 6) Observe la raíz al microscopio y busque con la lente de menor aumento, las células que se dividen. Con la de mayor aumento, identifique las fases de la célula y dibújelas en el cuaderno.
  - a) ¿Qué dificultades encontró para hacer la observación?
  - b) ¿Qué fue lo que más le llamó la atención del proceso realizado?
- 7) ¿Cómo imaginaba el proceso de división celular?

- 8) Ahora que ha visto el proceso de la cebolla de huevo, describa la forma como ocurre este fenómeno.
- a) ¿Para qué cree que es importante el estudio de la mitosis?

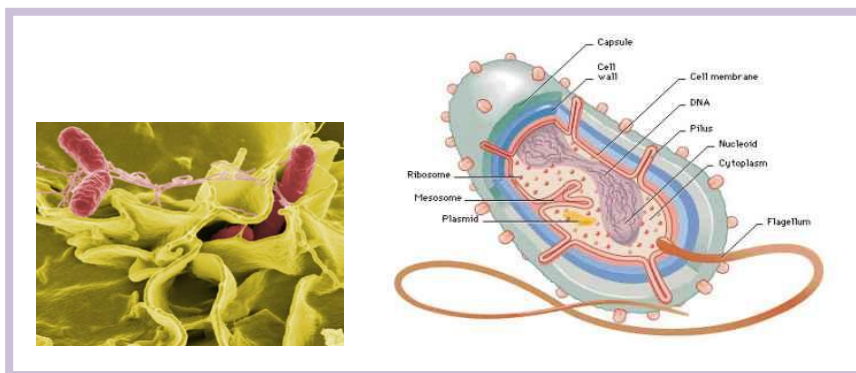
### Galería de imágenes

La unidad didáctica cuenta con una galería de imágenes que le permite a los estudiantes un acercamiento a los conceptos estudiados desde diferentes tipos de representaciones: fotografías, diagramas, mapas, maquetas y esquemas. A manera de ilustración, presentamos algunas de las imágenes contenidas en la unidad didáctica.

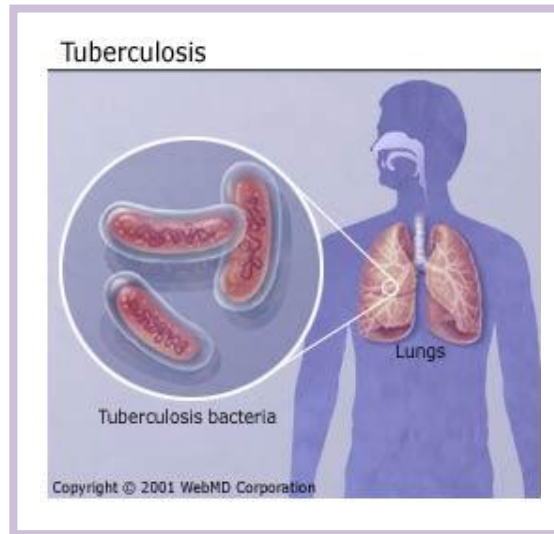
#### *Bacteria del yogurt*



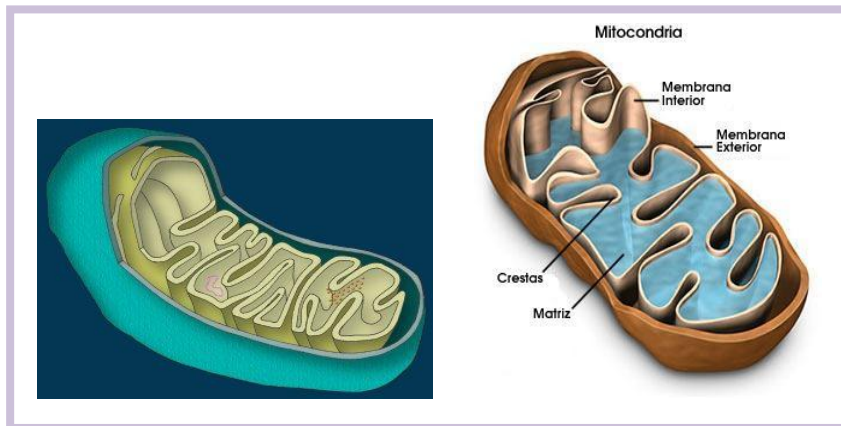
#### *Salmonella*



*Tuberculosis*



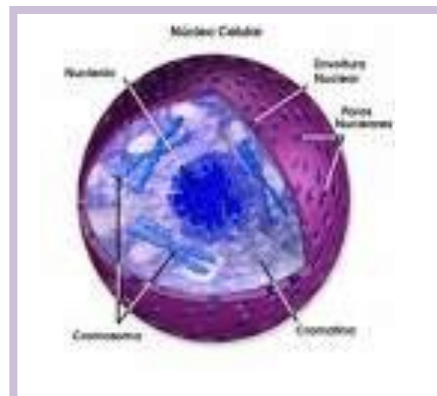
*Mitochondria*



*Aparato de Golgi*



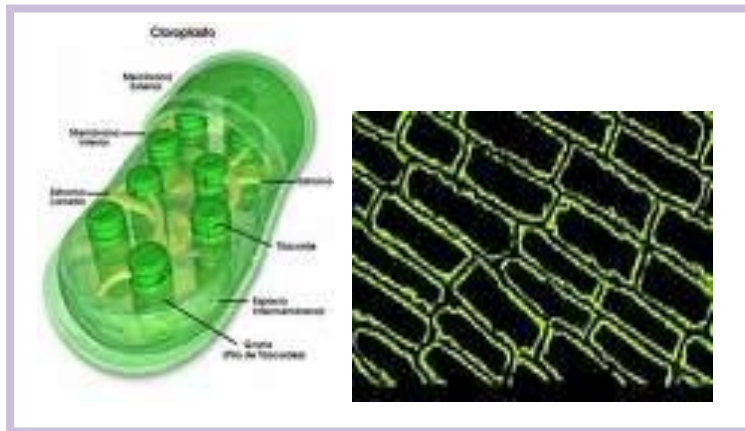
*Núcleo*



*Retículo endoplásmico*



## Cloroplastos



Además de las diferentes representaciones gráficas, la unidad didáctica cuenta con un glosario que permite a los estudiantes ampliar la información de muchos de los temas estudiados y establecer relaciones con la célula y otros campos del saber, relacionados directa o indirectamente con el estudio de la biología. Para mayor información consultar la unidad didáctica “La célula, origen y evolución de la vida, ciclo celular” en el CD anexo.

## Créditos

El diseño de la unidad didáctica contó con la participación de las siguientes entidades:

COLCIENCIAS (Instituto Colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología), código del proyecto Número 1219–11–17061.

Universidad Autónoma de Manizales.

Centro de ESTUDIOS Avanzados en niñez, juventud, educación y desarrollo (CINDE– Universidad de Manizales).

*Los grupos de Investigación:*

Cognición y Educación (Universidad Autónoma de Manizales).

Informática Educativa (Universidad Autónoma de Manizales).

CITERM (Centro de Investigación Terminológica Universidad Autónoma de Manizales).

Ambientes, actores y escenarios del desarrollo Humano (Universidad de Manizales – CINDE).

*Los docentes de Ciencias Naturales de las instituciones educativas:*

Colegio Fe y Alegría el Caribe (María Nubia Villa).

Colegio San Juan Bautista de La Salle (Luz Marina Campiño – María Elena Cardona).

Escuela Normal Superior de Manizales (Hernando Ortíz).

Liceo Isabel la católica (Gladys Reinoso).

Instituto Universitario (Maryori Guevara).

Liceo León de Greiff (César Patiño).

Colegio San Pío X (Gloria Beatriz Lara).

Instituto Tecnológico Superior de Caldas (Carolina Pineda, Santiago Ocampo, Paula Cardona).

*Diseño de la herramienta tecnológica*

Luisa Fernanda Navarro, María Mercedes Suárez, Herminia Quiceno

Universidad Autónoma de Manizales

*Página elaborada por*

Luisa Fernanda Navarro, María Mercedes Suárez, Herminia Quiceno, Universidad Autónoma de Manizales.

*Estudiantes Colaboradores Grupo de informática educativa:*

Alix Johana Triviño Cabezas, John Alexander León, María del Pilar Aguirre Vélez, Silvia Juliana Santafé (Grupo Ingeniería de Software)

## Capítulo 7

### **Pensamiento de los estudiantes acerca del origen de la vida<sup>18</sup>**

Presentamos las principales ideas de estudiantes de sexto grado de diferentes colegios de la ciudad de Manizales en torno a la pregunta: ¿Cómo cree que se originaron las primeras células? El análisis de las respuestas de los estudiantes se hace desde perspectivas cualitativas y cuantitativas. Se tratará de complementar estos dos tipos de análisis realizados. En el análisis cualitativo nos basaremos en las redes semióticas a partir de las cuales realizaremos diferentes desarrollos conceptuales que acompañan a cada una de las categorías y subcategorías estudiadas. En el análisis cuantitativo nos centraremos específicamente en la frecuencia de cada una de las categorías o subcategorías analizadas.

#### **Origen de la vida y de la célula**

Las 182 respuestas de los estudiantes participantes se clasificaron en las siguientes categorías de análisis:

- Teoría de la creacionista
- Teoría de la evolucionista
- Origen a partir de otro ser vivo
- Respuesta indeterminada
- Otros

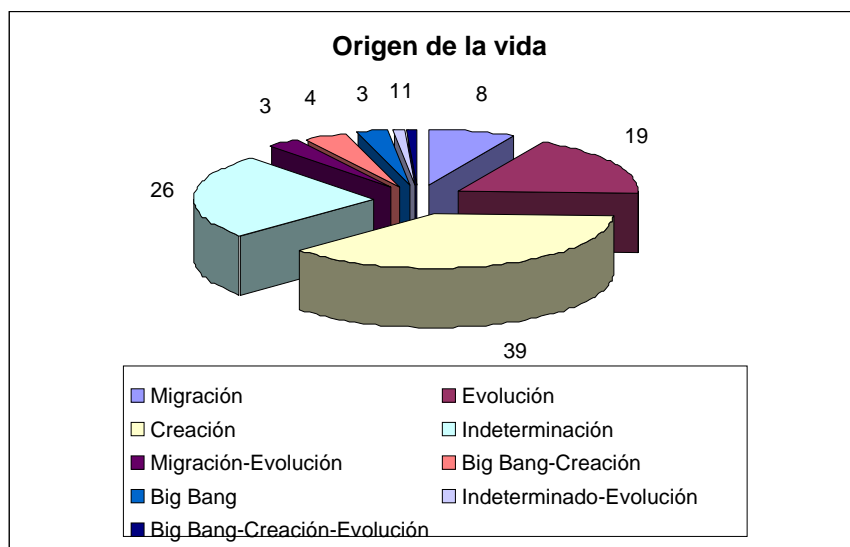
---

<sup>18</sup> Capítulo elaborado por Oscar Eugenio Tamayo



El 39% de los estudiantes considera que la vida en la tierra se originó a través de la creación. El 19% hacen referencia a la evolución y menores porcentajes mencionan la migración, big-bang y mezclas de las subcategorías anteriores, (ver figura 7.1).

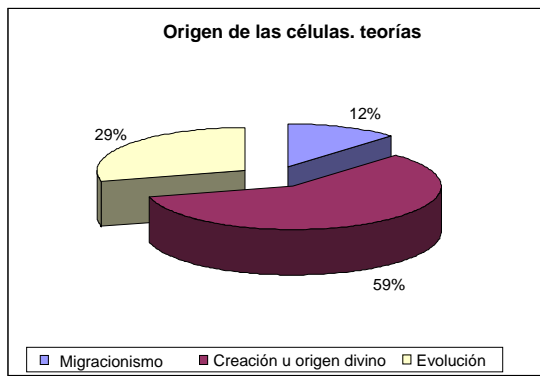
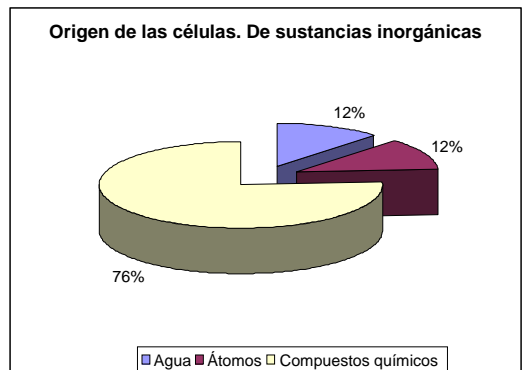
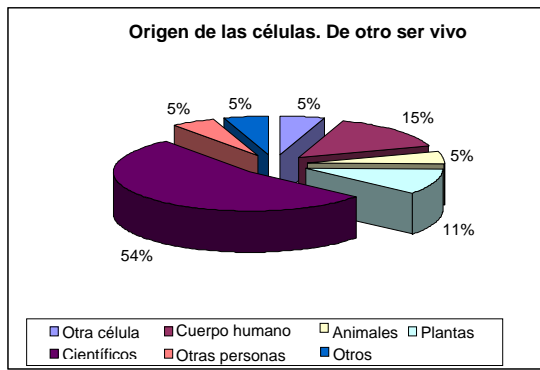
**Figura 7.1:** Distribución porcentual del origen de la vida



Nos referiremos detalladamente a cada una de estas categorías de análisis que surgieron durante la revisión de las preconcepciones de los estudiantes de cómo se originaron las primeras células.

**Figura 7.2: Distribución porcentual del origen de las primeras células**

La figura 7.2 destaca el alto porcentaje asignado a los otros seres vivos como responsables del origen de las células. De igual manera, el 29% de los estudiantes considera que las células fueron creadas por Dios. En la figura 7.3 presentada a continuación, cambian los porcentajes antes mencionados, en torno a tres de las principales subcategorías encontradas en las respuestas de los estudiantes: de otro ser vivo, de materia inorgánica y teorías acerca del origen de las células.



**Figura 7.3:** Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes en torno a las subcategorías: “De otro ser vivo”, “De materia inorgánica” y “teorías”.

- Teorías sobre el origen de las células
- De otro ser vivo, e
- Indeterminado

En cuanto a las diferentes teorías acerca del origen de las células, encontramos que los estudiantes destacan la creación, la migración y la evolución. A continuación nos referiremos a cada una de estas teorías.

El 9% de las repuestas dadas por los estudiantes a la pregunta ¿Cómo cree que se originaron las primeras células? fue gracias a que Dios creó el hombre y el mundo, lo que nos permite reconocer la subcategoría *teoría de la creación divina*, que recoge todas las respuestas que van en este sentido. A continuación se presentan algunas de las respuestas dadas por los estudiantes en las cuales se evidencia que el origen de la vida se debió a los designios de Dios.

C.FYA.A.6: “yo creó que fue Dios porque él creo las primeras personas, porque él creó la vida”.

C.FYA.A. 11: “Creó que fue por la creación porque Dios hizo el mundo”.

C.LLG.A.21: “Las primeras células se originaron el día que Dios creo el mundo, porque la tierra no iba a procrear flores, árboles y demás cosas sola, creo que hubo un proceso celular para que la tierra hiciera nacer flores, árboles, pasto etc”.

Estas afirmaciones coinciden con la teoría de la creación que establece que el origen de la vida se debe a la intervención divina (Dios) en la creación del mundo y del hombre, pensamiento expuesto por el idealismo (Nason 1985), quien propone “... *que todos los seres vivientes, incluyendo al hombre habrían surgido primariamente dotados de una estructura poco más o menos igual a la que hoy en día poseen gracias a la acción de fuerzas anímicas supramateriales: como resultado de un acto creador de la divinidad; por la acción confirmadora del alma, de la fuerza vital o de la entelequia, etc.*” (Kimball 1982). En otras palabras, el origen de la vida y del mundo es considerado por los idealistas como el resultado de la creación divina por la intervención de un ser supremo.

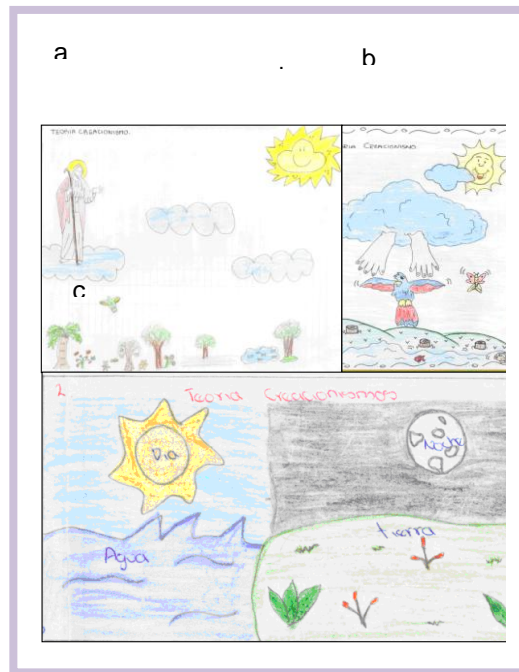
La teoría de la creación fue uno de los primeros intentos para tratar de explicar el origen de la vida, tomando como base las narraciones consignadas en la Biblia. Otras culturas tienen también sus propias narraciones sobre la creación y el origen de la vida. Estas tienen dos características en común: en primer lugar, fueron concebidas mucho antes de que el hombre hubiese logrado obtener conocimientos de los principios físicos, químicos y biológicos que son la base de la vida y, en segundo lugar, invocan la intervención divina en la creación de la vida, con lo cual se ponen fuera del alcance de la investigación científica, porque si la experimentación del científico estuviese sujeta a la intervención divina, o de algo sobrenatural, no tendría sentido realizarla, puesto que iría en contra de su propia fe y de sus principios religiosos. (Kimball 1982).

Gran parte del pensamiento de la teoría de la creación se describe en la Biblia: “*Al tercer día de la creación, de acuerdo con el Génesis, Dios separó las aguas de la tierra para crear las cosas vivas— primero las plantas, luego los peces, aves, animales terrestres y finalmente al hombre*” (Nason 1985). Lo expuesto en la Biblia acerca de la teoría de la creación la convierte en un gran respaldo para las creencias, tradiciones y costumbres religiosas que muchas personas practican. Esto se vio ratificado claramente con lo expresado en varias de las respuestas dadas por los estudiantes las cuales siguen un lineamiento basado en la fe, en las creencias y tradiciones religiosas que ellos profesan. Las tres figuras presentadas a continuación (figura 7.4), destacan en un primer plano el acto de creación

divina, a partir del cual los estudiantes explican el origen de las células. Las representaciones elaboradas por los estudiantes muestran claramente el acto de creación, muy evidente en a y b, de la tierra, los mares, las plantas, los animales y, c, de manera menos velada, la creación del día y la noche.

Las concepciones encontradas en tal sentido son conocidas como concepciones inducidas, que los estudiantes han internalizado según los contextos sociales en los que ellos se encuentren y esta es precisamente una de las posibles causas, sino la más segura, que explica el pensamiento religioso en los estudiantes objeto de esta investigación. Estas respuestas ubicadas en el marco de la creación se consideran válidas dentro de ciertas narrativas ideológicas, religiosas o mitológicas, si reconocemos la posibilidad de que un mismo evento, en este caso el origen de la célula, sea mirado a través de diferentes modelos según los contextos en los cuales nos encontremos.

**Figura 7.4: Representaciones de la teoría de la creación.**



En **a** y **b** se muestra claramente la acción de la creación. En **c** se representa la creación del día y la noche, así como la creación de la tierra y el agua

En el análisis se encontró que el 16% de las repuestas de los estudiantes establecen una relación con uno o varios de los postulados propios de la teoría de la evolución, como se presenta en los siguientes textos:

C.FYA.A.3: “yo creó que las primeras células se fueron formando por pequeños átomos y moléculas que se encontraban en el medio y éstos fueron formando microorganismos y ellos fueron evolucionando poco a poco”.

C.LLG.A.7: “Creo que las células se originaron debido a que al principio de la existencia de nuestro planeta tierra el agua, la tierra y todos los elementos que aquí existían se fueron mezclando y así se originaron las primeras células de las cuales aparecieron desde el más pequeño organismo hasta el hombre”.

C.LLG.A.4: “Las primeras células fueron la causa de unos organismos que se originaron en el agua, ellas se fueron uniendo y crearon los reptiles, los peces, las aves y los mamíferos”.

Como se puede observar, en los primeros dos casos las ideas previas se refieren a la mezcla de elementos, átomos y moléculas que se encontraban en los comienzos del planeta tierra, y que esta mezcla dio origen a las primeras células. Además, se propone que dichas células o microorganismos evolucionaron hasta llegar a la aparición del hombre. Todo lo planteado hasta el momento permite relacionarlo con lo expuesto por Oparin y Haldane en las décadas de los veinte y los treinta del siglo anterior, cuando postularon la teoría prebiótica, que afirma:

“... gracias a la energía aportada primordialmente por la radiación ultravioleta procedente del sol y a las descargas eléctricas de las constantes tormentas, las pequeñas moléculas de los gases atmosféricos ( $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ) dieron lugar a unas moléculas orgánicas llamadas prebióticas. Estas moléculas, cada vez más complejas, eran aminoácidos (componentes de las proteínas) y ácidos nucleicos. Según Oparin y Haldane, estas primeras moléculas quedarían atrapadas en las charcas de aguas poco profundas formadas en el litoral del océano primitivo. Al concentrarse, continuaron evolucionando y diversificándose.” (Kimball 1982).

Los conceptos propuestos por Oparin y Haldane fueron comprobados experimentalmente en el laboratorio por Miller y Urey quienes pudieron sintetizar aminoácidos, gracias a la aplicación de descargas eléctricas a una mezcla gaseosa formada por amoníaco, metano, hidrógeno y vapor de agua dentro de un aparato constituido básicamente por matraces.

De esta manera, los estudiantes reconocen que el origen de las células se debió a las condiciones que presentaba la atmósfera de la tierra primitiva, lo que a la postre permitió que se originaran las moléculas (aminoácidos), cons-

tituyentes primarios de organismos primitivos como los procariotas. Además, se reconoce que estos primeros organismos evolucionaron con el paso del tiempo para dar origen a los organismos eucariotas. En concepto de los estudiantes, además de referirse al origen de las células se hace mención de los procesos de evolución, responsables del origen de muchos de los actuales organismos que habitan en el planeta hoy.

En el tercer texto antes citado: “*Las primeras células fueron la causa de unos organismos que se originaron en el agua, ellas se fueron uniendo y crearon los reptiles, los peces, las aves y los mamíferos*”, no es tan clara la perspectiva evolucionista como en los dos textos anteriores. Aquí el estudiante no hace referencia al origen de las primeras células, habla de ciertos organismos que originaron las células, tal vez por procesos de endosimbiosis, las cuales posteriormente generaron los peces y demás animales. Salvado el asunto del origen de la célula, el estudiante reconoce cierto proceso evolutivo que parte de algo ya dado, la célula o los microorganismos, aspecto frecuente en diferentes conceptos de los estudiantes, como veremos posteriormente.

Cuando se habla de evolución se debe recordar el concepto propuesto por Darwin y Wallace en 1859, que significa un gran golpe a la teoría de la generación espontánea y que finalmente terminó por descartar dicha teoría como una posible explicación del origen de la vida. La premisa del concepto de evolución sostiene que los organismos superiores vienen de formas de vida más simples. Algo similar a lo que propusieron los estudiantes cuando dicen que los microorganismos evolucionaron hasta llegar al hombre. Para establecer la cercanía de dicha respuesta con los fundamentos de la teoría evolucionista consideremos lo que se plantea en la literatura al respecto: Los mares primitivos llegaron a caracterizarse por ser un descomunal caldo, diluido y estéril, que le permitió a unas moléculas asociarse con otras por medio de reacciones químicas, para conformar estructuras de organización compleja, es decir, sistemas dinámicos no vivos, precursores de las primeras formas vivientes. Se supone que a través de los siglos, por una serie de cambios graduales, los sistemas más estables sobrevivieron a expensas de otros y evolucionaron hasta otros más complejos y cada vez superiores, hasta adquirir por fin las características atribuidas a los seres vivos (Nason, Audesirk, Kimball).

Esta explicación es una posible respuesta a una hipótesis que los científicos propusieron para dar cuenta de la formación de las primeras células. Algunas razones que nos permiten sustentar dicha explicación son:

- ✘ Las sales y el agua son materiales predominantes en los mares u océanos y componentes necesarios de los seres vivos, que los compuestos

orgánicos fueron probablemente el resultado de reacciones químicas de sustancias inorgánicas.

- ✘ La acumulación de material orgánico en los mares primitivos que con el tiempo evoluciona hasta formar compuestos más complejos.
- ✘ Además, si se tiene en cuenta la teoría de la endosimbiosis, propuesta por Lynn Margulis, que estableció los organelos que forman parte de las células eucariotas como organismos unicelulares capaces de auto-reproducirse, de sintetizar la totalidad de sus proteínas y que, establece relaciones de tipo simbiótico con otros, pudieron vivir en las condiciones de la atmósfera primitiva, lo que a la postre permitió evolucionar hasta formar organismos multicelulares.

Presentamos algunas de las representaciones elaboradas por los estudiantes enmarcadas en la teoría evolucionista del origen de la vida. En estas representaciones es evidente el *salto conceptual* de los estudiantes en el intento por explicar la teoría de la evolución. En las figuras 7.5 y 7.6 se representa la evolución como un proceso que se da después de la aparición de las primeras células, de las semillas (7.6g) o de los huevos (7.5b y 7.5c). Queda claro en estas ilustraciones que los estudiantes se refieren a procesos evolutivos después de la aparición de la vida y no consideran la evolución, como se planteó anteriormente, a partir de compuestos inorgánicos que gradualmente se hicieron más complejos hasta generar los primeros organismos para continuar en su proceso evolutivo.

**Figura 7.5: Representaciones de la teoría evolucionista**



En **a** nos referimos a moléculas orgánicas que se originaron como resultado de transformaciones atmosféricas. En **b**, **c** y **d**, se considera la evolución desde el huevo o la célula hasta llegar a organismos más complejos.

Las ideas previas encontradas deben considerarse como adecuadas (o muy cercanas a la verdad científica del momento histórico correspondiente), lo que nos lleva a pensar que éstas no siempre que se exponen, se consideran erróneas (Fernández, Aramburu, Pozo, Banet, Núñez, Gómez, Flores, Ortiz, Bello, Costamagna, entre otros). Por el contrario, es importante conocerlas con el propósito de identificar posibles obstáculos para los posteriores procesos de enseñanza y aprendizaje.

El 29% de las respuestas dadas por los estudiantes no determinan, o no establecen, un posible origen de las primeras células. A continuación presentamos ejemplos.



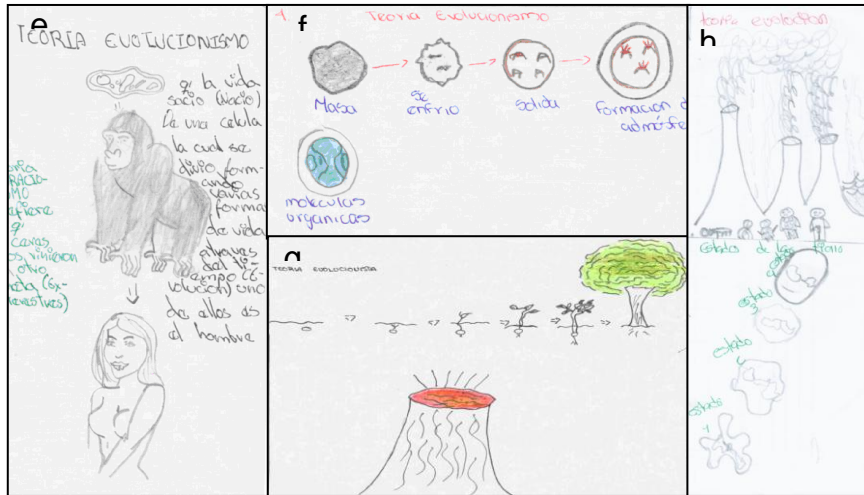
C.FYA.A.7: “por lo que he leído creó que es por mitosis porque por medio de ésta, se reproducen muchas células y además, por ejemplo, las personas que van a la playa cuando se exponen al sol, muchas células mueren y por medio de ésta se reproducen”.

C.SPX.A. 20: “Las primeras células se originaron por medio de un microscopio porque casi todas las células son muy pequeñas para observarlas a simple vista”.

C.BSCIA.5: “No se”.

Como se puede observar, en la primera respuesta se hace una descripción del proceso de regeneración de células de la piel destruidas por los rayos solares. Los argumentos de esta respuesta se pueden considerar adecuados para explicar la forma como son reemplazadas las células muertas por células nuevas, gracias a la regeneración celular. Sin embargo, éstos no se pueden contemplar como argumentos válidos para explicar un posible origen de las primeras células ya que las razones expuestas no permiten establecer ningún vínculo o asociación con alguna de las teorías aceptadas actualmente por la comunidad científica. En el segundo caso se evidencia que la respuesta dada es más pertinente para responder a la pregunta ¿cómo se descubrieron las primeras células? y no para sustentar un posible origen de las células. Con el tipo de respuestas anteriores se puede pensar en posibles problemas de comprensión de las preguntas realizadas o en que los estudiantes no conocen o no logran expresar claramente algún concepto acerca del origen de la vida.

**Figura 7.6: Representaciones de la teoría evolucionista**



En **e**, **g** y **h** se toma como punto de partida para la evolución, la existencia de diferentes tipos de células o de semillas, a partir de las cuales se da la evolución. En **f** se muestra el origen de las primeras moléculas orgánicas con base en cierta “masa” que se enfrió.

La gran mayoría de los investigadores coinciden en señalar que, las ideas previas constituyen en la mayoría de los casos, conceptos científicamente erróneos, Banet y Núñez (1996) (Citados por Costamagna 2005). La presencia de estas ideas previas interfiere de diferentes maneras con los contenidos que deben aprender los estudiantes. Para solucionar estos problemas, Carretero y Limón (1996) (citados por Costamagna 2005), plantean que la aplicación de fórmulas didácticas no es suficiente, porque generan conflictos cognitivos en los estudiantes con las ideas previas que ellos tienen, para modificar. Es poco probable que un cuestionario ajeno a ideas personales de los estudiantes, planteado por el docente, surgido y alejado de la situación propia que vive cada uno de éstos, conduzca a una situación de conflicto cognitivo que permita establecer efectivamente un cambio conceptual. Es más efectivo motivar el interés de los estudiantes para resolver el problema que surja de la co-

tidianidad y al cual se enfrentan día a día porque tiene sentido para ellos (Gil Pérez et al., 1999) (Citados por Costamagna 2005).

Otro aspecto importante para tener en cuenta es que si los estudiantes no son conscientes de sus ideas previas sobre algunos de los conceptos científicos, es difícil que tengan una actitud para aclarar su comprensión y, en consecuencia, se torna más difícil producir un cambio conceptual importante en ellos. Hacer que tomen conciencia es el primer paso que debería promoverse por parte de los docentes, para desencadenar un buen proceso de aprendizaje en cada uno de los alumnos. Para ello debemos recordar que el punto de partida de todo aprendizaje son las ideas previas que tienen los estudiantes, así lo plantea Ausubel en su obra *Educational Psychology. A Cognitive View* (1976), cuando expresa con total claridad cuál es la concepción e importancia del conocimiento y estudio de las ideas previas: “ *Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto, y enséñese consecuentemente*”. Lo que nos da pie para decir que las ideas previas permiten que el aprendizaje sea efectivo o no, todo ello depende del manejo que el docente le da a dichas ideas.

El 15% de las repuestas de los estudiantes corresponden a las teorías de la generación espontánea, del big bang, de la panespermia, y al origen de las primeras células gracias a investigadores. Algunos casos nos ilustran claramente lo expuesto anteriormente.

C.IU.A.10: “Yo creo que las primeras células se originaron desde que la tierra se formó gracias al big-bang”.

C.FYA.A.14: “pues yo no se, pero creó que del sudor del cuerpo salió una y fueron reproduciéndose. Entonces salió una celulita y salieron muchas”.

C.SPX.A. 26:” yo creo que se originaron con un asteroide que cayó a la tierra y el asteroide tenía unas células y así fue como se formó la célula, los animales microscópicos, plantas, entre otros”.

C.LIC.A.21: “Yo creo que fue por algo que llegaron a investigar los primeros científicos y debido a lo que hicieron con lo que investigaron se formaron las primeras células”.

La primera respuesta plantea que las primeras células se originaron desde cuando se formó la tierra gracias al big bang. En este caso hay confusión en torno al origen del universo y al origen de la vida. Aunque hay que reconocer que la evolución del universo después de la explosión del big bang posiblemente permitió el desarrollo y evolución de la vida en la tierra, teoría planteada por Oparin y Haldane cuando propusieron la evolución prebiótica que

establece que el origen de la vida fue a partir de materia no viviente, mediante reacciones químicas simples dadas gracias a los cambios constantes de la atmósfera de la tierra primitiva (Audesirk 1997). Explicación que hace parte de la teoría de la evolución, considerada por la comunidad científica como la más aceptada para explicar el origen de las primeras células en nuestro planeta.

Las respuestas de los estudiantes sobre la teoría del big bang como una explicación del origen de la célula puede ser un obstáculo frente al aprendizaje, ya que, como se mostró anteriormente, esta teoría no explica el origen de la vida sino el origen del universo, que permitió que se dieran unas condiciones especiales en la tierra primitiva para que luego, después de muchos millones de años, gracias a su evolución se originaran las primeras células. Los estudiantes que presentan estas ideas previas demuestran dificultad para explicar el origen de las primeras células.

El segundo caso plantea que el origen de las primeras células se dio gracias al sudor que salía del cuerpo. Este planteamiento es cercano a uno de los lineamientos propuestos por Van Helmont en el siglo XVII, cuando planteó que si se colocaban granos de trigo en un recipiente junto a una camisa húmeda por el sudor, según él constituía el principio formador de vida, se originaban ratones. La teoría de la generación espontánea fue establecida por Aristóteles y retomada por varias civilizaciones como la griega, la china, la hindú y la europea durante la edad media y el renacimiento; su tesis central es que los peces, las ranas, los ratones y los insectos se generaban a partir de un material creador adecuado, procedente del lodo, de materia orgánica en descomposición, de los suelos húmedos y de algunas especies de árboles. Con los trabajos de Redi, Spallanzani, y especialmente Pasteur en 1862, se logró demostrar la inviabilidad de la generación espontánea. Presentamos algunos de los principales hallazgos que permitieron desvirtuar esta teoría.

En 1668, Francesco Redi llevo a cabo un experimento para demostrar que los gusanos no se originaban espontáneamente en la carne en descomposición, sino que se producían a partir de huevos de moscas. Redi llenó 3 frascos con carne en estado de descomposición, los cerró herméticamente. Luego tomó otros 3 frascos con carne en estado de descomposición y los dejó abiertos. En estos 3 últimos frascos con el paso de los días se desarrollaban nuevas moscas, gracias a que las moscas presentes en el aire podían posarse y colocar sus huevos en la carne. Con este descubrimiento se abrió la puerta para considerar que la vida no se originaba espontáneamente. Van Leeuwenhoek volvió a actualizar el problema gracias al descubrimiento de microorganismos.

mos en los alimentos en descomposición y que él creía que se originaban espontáneamente, los pudo observar por el microscopio inventado por él.

John Needham encontró que después de haber calentado líquidos nutritivos (caldo de pollo e infusiones de maíz) antes de verterlos en frascos cubiertos, las soluciones enfriadas aparecían plagadas de microorganismos. Needham entonces afirmó que los microbios se desarrollaban espontáneamente a partir de los líquidos ya que estos poseían una fuerza vital. Años más tarde, Lázaro Spallanzani sugirió que probablemente habían penetrado microorganismos del aire en las soluciones de Needham, después de haberlas hervido. Demostró que sí los líquidos nutritivos eran calentados después de sellar los frascos (de modo que nada pudiera penetrar desde el exterior y contaminar el caldo de cultivo) que los contenían no se daba crecimiento microbiano ya que el caldo permanecía claro e intacto. Needham respondió a esta propuesta que la fuerza vital necesaria para la generación espontánea la destruyó el calor.

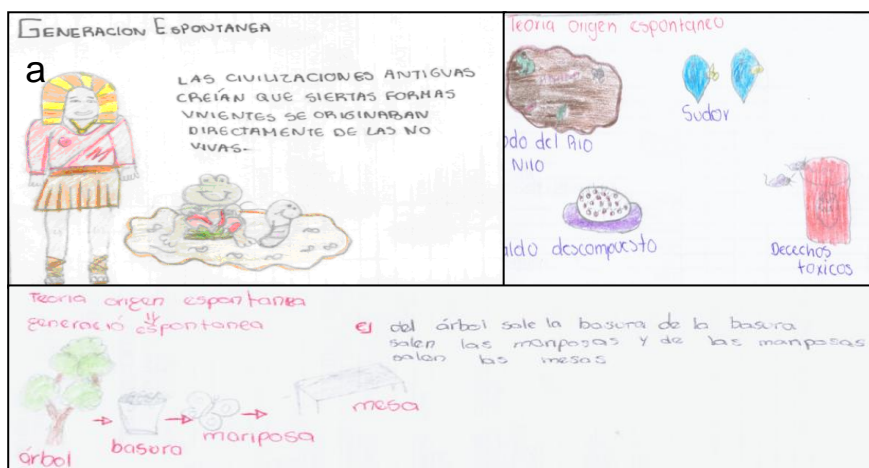
Solo se logró desvirtuar la teoría de la generación espontánea (figura 7.7), con los experimentos que realizó el microbiólogo y bioquímico Louis Pasteur cuando hirvió los matraces de cultivo pero en vez de cerrar herméticamente los cuellos de éstos, utilizó matraces provistos de un tubo en forma de S, y dejaba el extremo abierto. De esta manera podría penetrar aire fresco dentro del matraz pero no las bacterias o microorganismos que flotaban en el aire, los cuales eran atrapados en el largo cuello del matraz. El caldo de cultivo por lo general permanecía intacto hasta que Pasteur inclinaba ligeramente el matraz, con lo cual el caldo se ladeaba también hacia el cuello, después de lo cual regresaba a su posición original dentro del matraz. Solo así comenzaban a aparecer microorganismos en el caldo de cultivo. Además, todo quedó resumido al postulado de la ley de continuidad de los seres vivos propuesto por Virchow, quien establece que todas las células provienen de otras células preexistentes. (Audesirk 1997, Nason 1985, Kimball 1982, Villee 1981).

Para concluir este aparte referido a la generación espontánea presentamos otras gráficas elaboradas por los estudiantes.

De otra parte, el 12% de las respuestas de los estudiantes plantea el origen de la vida gracias a unas células que viajaron a través del espacio en un asteroide que cayó a la tierra; de estas células provenientes del espacio se originaron los demás organismos vivos del planeta tierra. Este tipo de ideas, cercanas a la teoría de la panspermia (Kimball 1982) propuesta en 1908 por el químico Svante Arrhenius, afirman que ciertos gérmenes vivientes llegaron a nuestro planeta adheridos a algunos meteoritos llamados cosmozoarios. Estos, al en-

contrar las condiciones adecuadas en los mares terrestres, evolucionaron hasta alcanzar el grado de desarrollo que presentan los organismos en la actualidad. Esta teoría fue refutada algunos años más tarde por Paul Becquerel quien señaló que ningún ser viviente podría atravesar el espacio y resistir las rigurosas condiciones que reinan en el vacío (temperatura extremadamente baja, radiación cósmica intensa, por ejemplo). Es evidente que esta solución no resuelve de manera definitiva el problema del origen de la vida, pues, aun admitiendo el origen extraterrestre de ésta, queda por averiguar cómo surgió la vida en otros planetas. La figura 7.8 representa las dos posibilidades antes señaladas, la referida a la aparición de la vida en la tierra debida a meteoritos y, la que describe la presencia de vida en la tierra por acción de extraterrestres.

**Figura 7.2: Distribución porcentual del origen de las primeras células**



En las figuras 7.8a y 7.8b se representa claramente la aparición de seres vivos en la tierra, debido al “tránsito” desde otros lugares del universo. En la figura 7.9c se representa un meteorito que impactará sobre la tierra y dejará las primeras formas vivientes, origen de los diferentes organismos.

**Figura 7.8: Representaciones gráficas de la teoría de la generación espontánea**

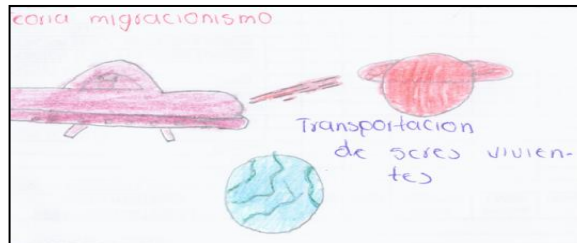


En las figuras siguientes 7.9 y 7.10, llamamos la atención de la llegada de extraterrestres a la tierra, quienes serían los portadores de la vida. Al igual que en la figura 8b, las figuras 9a y 9b muestran diferentes tipos de vegetación (árboles, cactus, o sencillamente un color verde sobre los continentes con el cual se significaría la presencia de vegetales y selvas). De esta forma los estudiantes posiblemente de manera inconsciente, quieren mostrar cómo los extraterrestres trajeron vida a una tierra en la cual ya existían diferentes vegetales, distintos organismos. Lo anterior nos muestra que así los estudiantes puedan referirse a la teoría de la migración para explicar el origen de la vida, terminan ubicándose en otras perspectivas teóricas diferentes de la que quieren explicar.

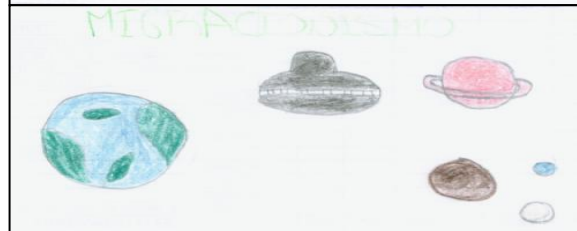
Por último, los estudiantes consideran que el origen de las primeras células proviene de investigaciones hechas por los primeros científicos, trabajo realizado a lo largo de la historia.

**Figura 7.9: Representaciones de la teoría de la migración**

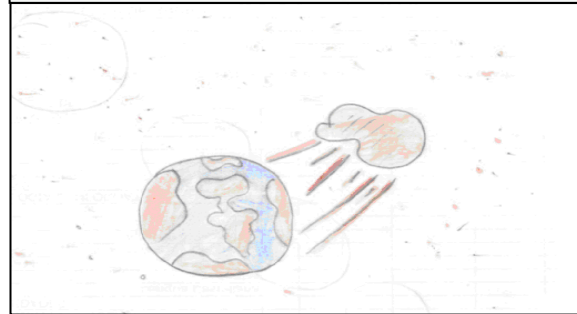
a



b

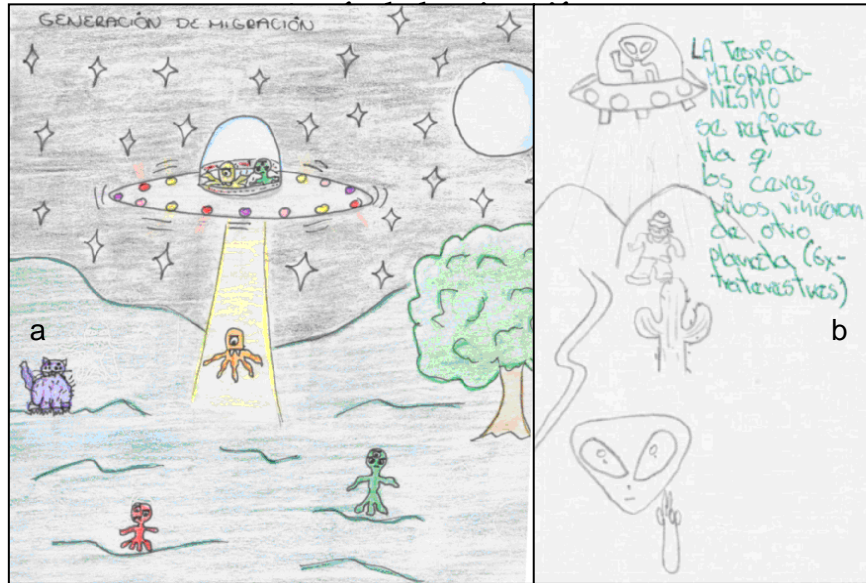


c



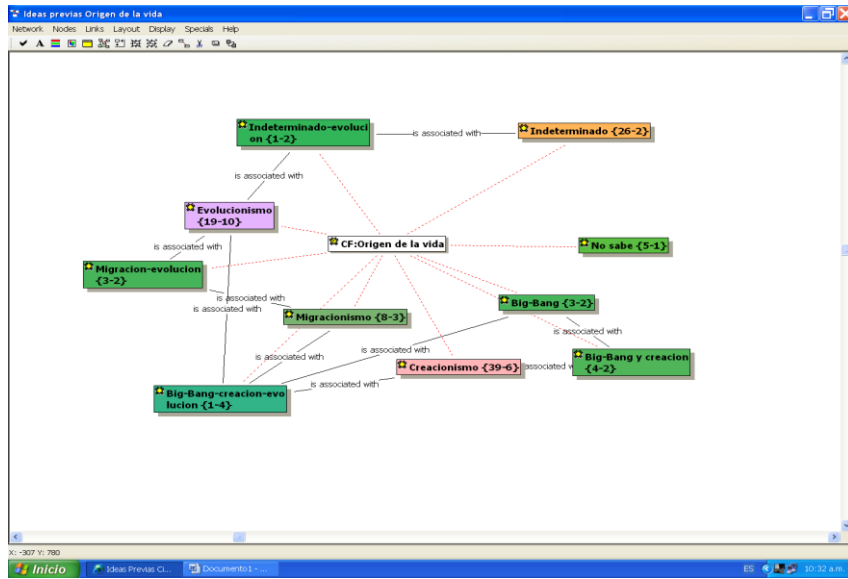


**Figura 7.10: Representaciones de la**



A continuación, resumimos los conceptos de los estudiantes del origen de las células y la vida, dos redes semióticas (ver figuras 7.11 y 7.12) que muestran las diferentes ideas de los grupos estudiados, relaciones entre las diferentes categorías y subcategorías.

**Figura 7.11: Red semiótica “origen de la vida”**



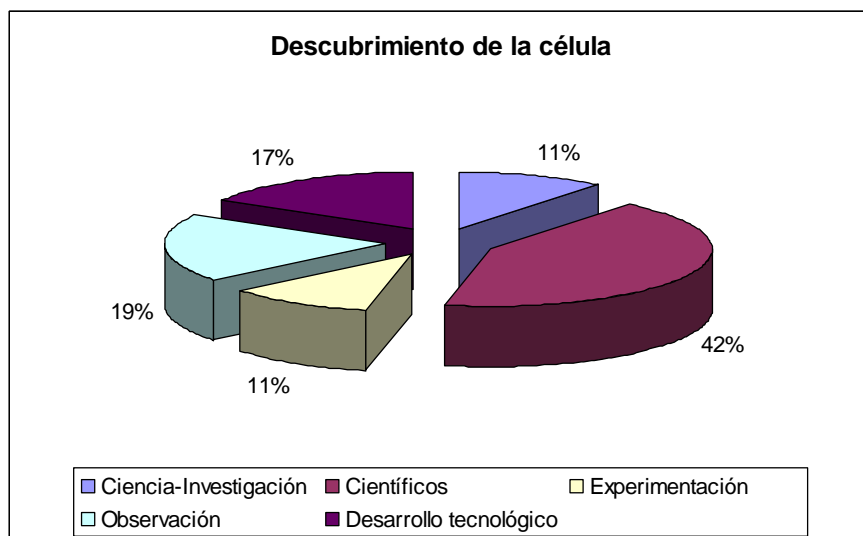
Se muestran las principales categorías y relaciones de a las expresiones de los estudiantes acerca del origen de la vida.

### **Descubrimiento de la célula**

Una de las preguntas hechas a los estudiantes para que dieran diferentes respuestas fue acerca del descubrimiento de la célula. El 42% respondieron que los científicos descubrieron las células por procesos tales como la observación, la experimentación, la investigación y el desarrollo tecnológico. (Ver figura 7.12.)



**Figura 7.13: Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes a la pregunta acerca del descubrimiento de la célula**



Para el análisis cualitativo se establecieron las siguientes categorías de análisis:

- ✓ Científicos
- ✓ Observación
- ✓ Desarrollo tecnológico. Microscopio
- ✓ Ciencia–Investigaciones
- ✓ Experimentación

*Subcategoría: Científicos*

Del total de las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta ¿Cómo cree que se descubrió la primera célula?, el 42% de las respuestas de los estudiantes la atribuyen a la categoría *científicos*.

C.BSCI.B.2 “Yo creo que por medio de un científico muy importante”.

C.LIC.B.8 “Se descubrió por científicos que creían saber como se constituía el hombre”.

C.LIC.B.38 “Los científicos descubrieron la célula con sus propios inventos”.

En 1665, un científico e inventor inglés llamado Robert Hooke hizo algunas observaciones con un microscopio primitivo. Colocó en su instrumento un “pedazo de corcho muy delgado” y vio “una gran cantidad de pequeñas celdillas”. Hooke llamó a estas celdillas “células” porque le recordaban las pequeñas habitaciones o celdas, ocupadas por los monjes (Audesirk, 1996). Lo anterior confirma que las primeras células fueron descubiertas por un científico, lo cual demuestra que el 42% de los estudiantes coinciden con la idea de que los descubrimientos y avances de la ciencia se dieron gracias al trabajo de los científicos.

Es importante señalar que de acuerdo con la pregunta formulada, las respuestas tienen dos componentes esenciales: los científicos que hicieron las observaciones, y los instrumentos ópticos utilizados para realizar dichas observaciones. La pregunta es cómo fueron descubiertas las primeras células, relacionada con el empleo del microscopio óptico, pero también es oportuno mencionar que este microscopio fue utilizado por un científico quien interpretó las observaciones y dijo que se trataba de “células”. Este complemento entre los científicos y los desarrollos tecnológicos permitió, el avance de la ciencia.

#### *Subcategoría: desarrollo tecnológico*

El análisis señaló que del total de respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta ¿Cómo cree que se descubrió la primera célula?, el 17 % de las respuestas de los estudiantes la atribuyen al *microscopio*. Esto se ilustra así:

C.BSCI.B.14 “Se descubrió con lupas y microscopios”.

C. LIC.B.1 “Estudiando el cuerpo con microscopio porque éstas son microscópicas y no se ven”.

C.LIC.B.4 “Por medio de un microscopio”.

Las respuestas se refieren al microscopio como instrumento para observar las células. También se podría afirmar que los estudiantes conciben la célula como algo muy pequeño, posible de observar con aparatos como el microscopio. Un aspecto importante es que, aunque los estudiantes afirman que la primera célula fue descubierta gracias al microscopio, en sus respuestas no mencionan las personas que emplearon inicialmente este instrumento, ni tampoco los componentes de las muestras o sustancias encontradas en las primeras células.

De acuerdo con lo expuesto por Nason y Audesirk, en el año 1665 el científico inglés Robert Hooke utilizó un microscopio óptico primitivo para observar la estructura de un pedazo de corcho y vio unas estructuras parecidas a un panal de abejas, y las llamó células porque le recordaban las pequeñas habitaciones o celdas de los monjes. Lo que realmente observó Hooke fueron las paredes de células muertas del corcho. Por lo tanto, cuando se toma el tema del descubrimiento de las primeras células, es necesario mencionar al científico Robert Hooke como pionero de este descubrimiento. Luego, en el año 1674, el fabricante de lentes Anton van Leeuwenhoek, con un microscopio un poco más sofisticado, observó los primeros organismos unicelulares vivos en muestras de agua de charcos. Según los registros de la historia del descubrimiento de la célula, Leeuwenhoek fue el segundo observador de células y organismos microscópicos. Con base en estas evidencias, se afirma que Hooke y Leeuwenhoek fueron los primeros en reportar observaciones de células y organismos unicelulares y por este hecho se les atribuye el descubrimiento de las primeras células.

### *Subcategoría: Investigaciones*

El 11% de las respuestas de los estudiantes acerca del descubrimiento de la primera célula la atribuyen a las *investigaciones*.

C.LIC.B.6 “Por medio de investigaciones del cuerpo humano, animal y vegetal, etc.

C.LIC.B.24 “Por los resultados de las investigaciones de los científicos”.

C.LIC.B.37 “Creo que se descubrió haciendo investigaciones en un cuerpo humano”.

Estas respuestas muestran que los estudiantes consideran el descubrimiento de la célula es el resultado de investigaciones realizadas en este campo de la ciencia. Diversas respuestas de los estudiantes afirman que el descubrimiento de las primeras células se dio por las investigaciones hechas. Algunos de estos estudiantes afirman que las primeras células fueron descubiertas por investigaciones en el cuerpo humano, otros dicen que las investigaciones se realizaron tanto en animales como en vegetales, mientras otros simplemente mencionan las investigaciones. Esto demuestra que estos estudiantes probablemente no conocen los procedimientos, técnicas y elementos empleados por los científicos para llevar a cabo las investigaciones que condujeron al descubrimiento de las primeras células. Así mismo, se reconoce que consideran el descubrimiento de las primeras células como el resultado de procesos investigativos. Al respecto, se puede citar a Nason cuando afirma: “...Este

concepto aparentemente simple, pero tan importante de la célula como la unidad vital, es la culminación de siglos de estudio e investigaciones llevados a cabo por numerosos investigadores de diversas partes del mundo...”.

El hecho de que estos estudiantes no expliquen con claridad los procesos investigativos que culminaron con el descubrimiento de las primeras células probablemente constituya una confusión o un vacío conceptual de dichos estudiantes, porque tienen la concepción de las investigaciones llevadas a cabo, pero no descubren correctamente cómo se llegó a este descubrimiento, tal vez no tienen referencias de los científicos investigadores o no relacionan el empleo del microscopio con estos hallazgos.

Algunos estudiantes afirman que las investigaciones se realizaron en el cuerpo humano, afirmación incorrecta porque se sabe que las observaciones con el microscopio fueron inicialmente en tejidos vegetales. Nason confirma esta afirmación con lo siguiente: “...Robert Hooke, microscopista inglés, introdujo en 1665 el término célula para describir la estructura del corcho, semejante al panal de las abejas y de otros tejidos vegetales...”. El corcho proviene de la corteza externa seca del alcornoque. Hooke escribió que en este árbol vivo y en otras plantas, “dichas celdillas están llenas de jugos”... (Audesirk, 1996).

### *Subcategoría: Indeterminado*

El 20 % de las respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo crees que se descubrió la primera célula? Responden a la categoría *indeterminada*.

C.BSCI.B.4 “algo que corre entre tu cuerpo”.

C.LIC.B.2 “Con el paso del tiempo se fue descubriendo”.

C.LIC.B.29 “Creo que se descubrió gracias a la evolución mental de los antepasados cuando analizaron nuestro cuerpo y la utilidad de las cosas”.

El 20 % de los estudiantes probablemente no sabe cómo fueron descubiertas las primeras células o si lo saben no supieron expresarlo en las respuestas dadas. En la mayoría de las respuestas clasificadas en la categoría *indeterminada* no hay similitudes con la información de la literatura científica relacionada con el descubrimiento de las primeras células.

La gran mayoría de los investigadores en enseñanza de las ciencias coinciden en afirmar que las ideas o conceptos previas de los estudiantes son científicamente incorrectos en la mayoría de los casos (Fernández, 2002). Por ello, es necesario emplear estrategias para sustituir las ideas previas por ideas aceptadas por los científicos. Desde el punto de vista de la didáctica de las

ciencias, este proceso se denomina cambio conceptual. En el caso de las respuestas clasificadas, los conceptos previos de estos estudiantes acerca del descubrimiento de las primeras células no corresponden a los conceptos aceptados científicamente, y son incoherentes.

En ninguno de los tres casos citados los estudiantes mencionaron el empleo del microscopio para observar células ni a los científicos pioneros del descubrimiento de las primeras células, lo cual llevaría a pensar que este grupo de estudiantes tiene unos conceptos previos muy diferentes de las de los grupos de estudiantes de las categorías anteriores relacionados con el descubrimiento de las primeras células. Y en efecto, como lo afirmó Fernández (2002), las ideas previas de este grupo de estudiantes son científicamente incorrectas o expresadas de manera confusa.

Otras respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo crees que se descubrió la primera célula?, se refieren a aspectos diferentes a los planteados antes, ejemplos:

C.BSCI.B.1 “Cuando alguien se muere y así la descubrieron”.

C.FYA.B.8 “por medio de alguna enfermedad o peste”.

C.FYA.B.12 “por bacterias microscópicas”.

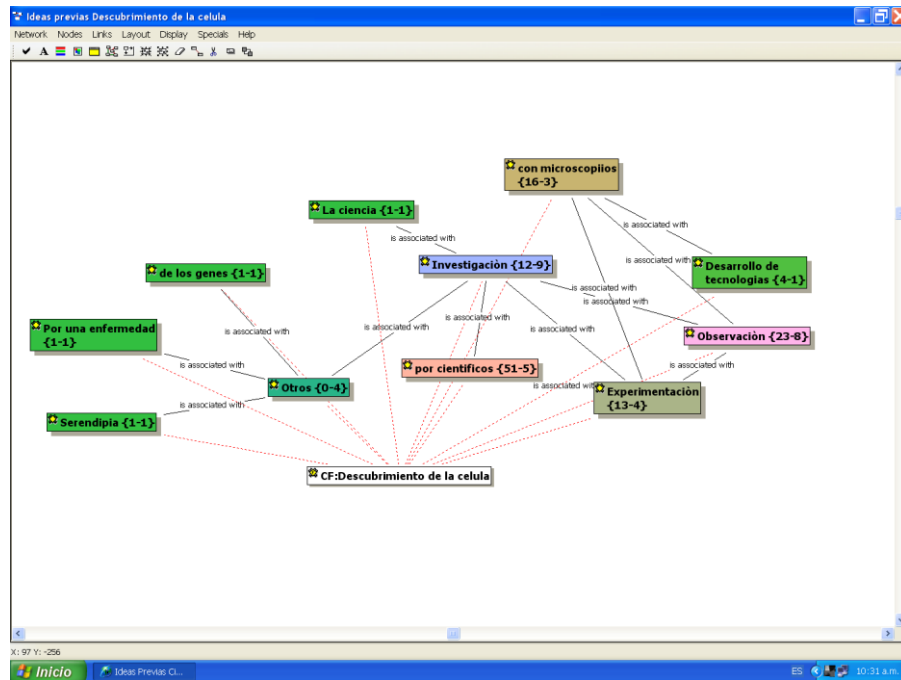
Estas respuestas de los estudiantes muestran conceptos del descubrimiento de las primeras células, no relacionados con los conceptos aceptados por los científicos. En estos ejemplos se identifican tres puntos de vista diferentes acerca del tema: enfermedades, bacterias microscópicas y estudios de organismos muertos.

La información contenida en los textos de Biología, las primeras células fueron descubiertas a través de observaciones en un pedazo de corcho de un tejido vegetal (Audesirk, 1996), aclaración que muestra que no se trata de enfermedades ni de bacterias. Desde el punto de vista del estudio de organismos muertos, se aproxima a los conceptos científicos, porque se sabe que las observaciones de Robert Hooke fueron realizadas en pedazos de corcho (proveniente de la corteza del alcornoque), el corcho es un tejido vegetal, y lo que observó Hooke fueron las células muertas del corcho. Al decir que las primeras células fueron descubiertas por estudios sobre organismos muertos, se refiere a las células muertas del corcho que observó Hooke.

Las respuestas de este grupo de estudiantes, hace pensar que probablemente presenten vacíos conceptuales del tema del descubrimiento de las células, porque los estudiantes no incluyeron una explicación de las mismas, en las respuestas a la pregunta formulada.



**Figura 7.14: Red semiótica “Descubrimiento de la célula”**



Se destaca en este caso el marcado énfasis en procesos, actividades o actores vinculados con los procesos de investigación.

### ***La célula como unidad estructural y funcional***

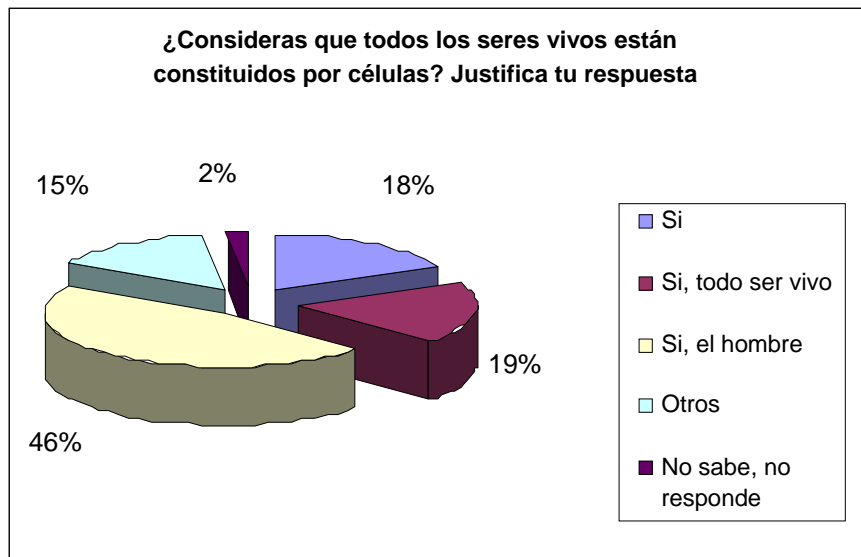
Presentamos las principales ideas previas de los estudiantes de sexto grado de diferentes colegios de la ciudad de Manizales a la pregunta: *¿Consideras que todos los seres vivos están constituidos por células?*

En las respuestas dadas por los estudiantes encontramos que el 98% son inicialmente afirmativas, pero el 80% de las respuestas a la pregunta formulada son afirmativas sólo un 2% de las respuestas manifiesta no saber (o no responden), también se incluye en este porcentaje las respuestas sin ninguna relación con la pregunta formulada (ver figura 14).

De acuerdo con lo anterior, las 182 respuestas de los estudiantes participantes de la investigación se clasificaron en las siguientes categorías de análisis:

- Si
- Si, el hombre
- Si, todos los seres vivos
- Otros (algunos seres vivos, ser humano animales, vegetales y animales)
- No respondieron a la pregunta formulada o no se relacionaron con la pregunta.

**Figura 7.15: Distribución porcentual de la célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos**



Describiremos detalladamente cada una de las categorías de análisis que se establecieron durante la realización del análisis de cada una de las respuestas dadas por cada uno de los estudiantes.

De las respuestas dadas por los estudiantes, 18% respondieron *si* a la pregunta formulada, pero no justificaron la afirmación. Ejemplos:

C.IU.B.6: “Si”.

C.LLG.B.18: “Si, porque la pregunta lo dice todo, los seres vivos tienen células.”

C.SPX.B.9: “si, todos los seres vivos”.

En los tres casos encontramos una respuesta afirmativa, pero ninguno de ellos la justifica a pesar de la exigencia de la pregunta, hecho que nos lleva a pensar que los estudiantes tienen un conocimiento muy general del tema.

Es importante recordar que todos los preconceptos de los estudiantes son la base de los nuevos conceptos que adquirieren durante el proceso enseñanza-aprendizaje. Debido a esto, es importante saber que existen y como interactúan con los nuevos conocimientos presentados en el aula. Este tipo de interacción nos lleva a reconocer diferentes posibilidades de aprendizaje tales como el cambio conceptual débil o radical y la evolución conceptual. (Tamaño 2007, Vosniadou y Brewer, 1992, 1994).

El 46% de las respuestas de los estudiantes indica que los organismos si están constituidos por células y su justificación es el hombre, por ejemplo:

C.IU.B.12: “Si, todo ser vivo esta constituido por células porque es una unidad que tiene muchos atributos de la vida para un ser humano”.

C.LIC.C.2: “Si, porque todo ser humano tiene células, ejemplo si nos aporreamos y nos raspamos, la célula se encarga de volver a hacer el tejido de la piel”.

C.LLG.B.24: “Si, porque nosotros tenemos células por todo el cuerpo, por el pelo, los ojos, las uñas”.

En los tres casos los estudiantes respondieron afirmativamente a la pregunta formulada y tomaron al hombre como base para justificar su respuesta. Dichas justificaciones, emplean elementos de juicio correspondientes a las actividades básicas, funcionales y estructurales del concepto de célula, pero son parcialmente válidas por estar restringidas al ser humano (hombre) y no hacen referencia a todos los seres vivos, sentido esencial de la pregunta. Los argumentos expuestos en las tres respuestas son valiosos porque explican la constitución celular del ser humano: la unidad mínima de la vida (organismo vivo), las funciones (en este caso regeneración de la piel), la formación de estructuras esenciales para un organismo (tejidos, órganos). La dificultad para generalizar estas reflexiones al conjunto de los seres vivos nos puede llevar a reconocer cierta perspectiva antropocéntrica en torno a la vida, que dificulta el reconocimiento de otros seres vivos (animales, plantas, protistas, hongos, bacterias, etcétera).

Las ideas de los estudiantes de esta categoría, nos permiten reconocer que éstos tienen una definición básica del término célula. A la vez, muestran el vago conocimiento que tienen de la teoría celular moderna, fundamentada en los aportes que hicieron Theodor Schwann y Mathias Jakob Schleiden, quienes propusieron que la célula es la unidad estructural básica de todos los organismos, la unidad fundamental de los seres vivos y proponen además, que todo organismo vivo está constituido por una o por multitud de células, enunciado básico de la teoría celular moderna. Presentamos los postulados que hacen parte de la teoría celular moderna:

1. En principio, todos los organismos están compuestos por una o más células.
2. Las células generan las reacciones metabólicas del organismo.
3. Las células provienen solo de otras células preexistentes.
4. Las células contienen el material hereditario.

La segunda y tercera proposiciones fueron añadidas por Rudolf Virchow. En su trabajo “Patología celular” (1858), Virchow consideró la célula como la unidad básica estructural metabólica. En ese mismo trabajo subrayó la continuidad de los organismos: “todas las células provienen de otras células (pre-existentes)”. (Audesirk 1997, Nason1985, Kimball 1982, Villee 1981).

La revisión de las respuestas dadas por los estudiantes muestra que el 19% de estas son afirmativas y la justifican con argumentos como:

- ✓ La célula es la unidad mínima de la vida (organismo vivo)
- ✓ Las células cumplen o ayudan al funcionamiento de los organismos vivos (reproducción, almacenamiento y producción de energía, respiración, regeneración de la piel, circulación, entre otros)
- ✓ Las células participan en la formación de estructuras esenciales de un organismo (tejidos, órganos).

Estas respuestas tienen que ver con algunos de los postulados de la teoría celular moderna mencionada. Presentamos algunas de las respuestas de los estudiantes al respecto.

C.IU.B.21: “Si, porque la célula es la unidad funcional, estructural de todo ser vivo”.

C.LLG.B.23: “Si, porque las células son las que originan la vida, en cambio los que no tienen células como las piedras, el agua, la luz etc, no tienen vida”.

C.LLG.B.7: “Claro que sí, pues todo ser vivo nace, crece, se reproduce y muere, y para cumplir con todo su desarrollo necesita las células que conforman todo su cuerpo...”.

C.BSCI.C.10: “sí, todos los seres vivos tienen al menos una célula y se llama: unicelulares o pluricelulares si son varias”.

Para justificar la respuesta afirmativa a la pregunta *¿Considera que todos los seres vivos están compuestos por células? Relacionados con la teoría celular.* La justificación de la respuesta es muy cercana al postulado que propusieron Schleiden y Schwann, estudiosos de los tipos de tejidos en sus campos respectivos, les permitió a ambos llegar a la conclusión “la célula es la unidad estructural básica de todos los organismos”. Por lo tanto, las ideas relacionadas con este postulado son consideradas correctas. En el segundo caso se plantea que la célula constituye la unidad fundamental de los seres vivos (principio similar al postulado antes de la teoría celular), al tomar o presentar como ejemplos seres inertes u objetos inanimados que carecen de vida, muestran que las células son la base de todo organismo vivo, hecho ya planteado y demostrado en la teoría celular.

En el tercer caso, la justificación de las funciones básicas de los seres vivos, requieren las células que conforman su cuerpo y que les permiten cumplir con ellas, las células son los componentes de los organismos vivos (las células forman o son los elementos básicos de los tejidos que a su vez forman órganos y los órganos sistemas de organismos vivos), planteamiento cercano al postulado: “la célula es la unidad estructural básica de todos los organismos”.

La existencia de diferentes tipos de organización celular: unicelulares y pluricelulares, argumento cercano a lo planteado en el primer postulado de la teoría celular moderna, “*En principio, todos los organismos están compuestos por una o más células*” (Audesirk 1997, Nason 1985, Kimball 1982, Villee 1981), última respuesta tomada como ejemplo de esta categoría.

En conclusión, las ideas de esta categoría están muy cercanas a las aceptadas por la comunidad científica en el campo de la biología. Con lo encontrado en esta categoría podemos decir que los estudiantes tienen preconceptos *cercanos* a un tema específico, se convierten en facilitadoras del proceso de enseñanza- aprendizaje, punto de partida para la catividad del docente en el aula.

Otras respuestas no dan una justificación de si todos los organismos están constituidos por células:

C.FYA.C. 13: “todos los seres vivos si están constituidos por células porque cada ser vivo tiene su célula correspondiente: sea vegetal, o animal”.

C.LIC.C.23: “Pues si, porque se supone que los seres vivos son los animales, plantas y humanos y todos éstos tienen células”.

C.LLG.B.10: “Las primeras células se fueron conformando por pequeños microorganismos que salieron del mar”.

El primer caso afirma que todos los seres vivos están constituidos por células animales o vegetales, afirmación que desconoce los tipos de organización celular, el unicelular o procariota y el pluricelular o eucariota. Cuando se afirma que todo ser vivo tiene una célula animal o vegetal, se ignora la existencia de otros organismos como es el caso de los procariotas (por ejemplo las bacterias), también es importante recalcar que en este caso se estaría ignorando el primer postulado de la teoría celular que consagra: “*En principio, todos los organismos están compuestos por una o más células*” (Audesirk 1997, Nason 1985, Kimball 1982, Villee 1981), que en otras palabras reconoce la existencia de los organismos unicelulares y los organismos pluricelulares.

El segundo caso propone que los únicos seres vivos son los animales, las plantas y los humanos. Aquí la imprecisión es similar al caso anterior. Se desconoce que el ser humano está clasificado según la taxonomía del reino animal. Como en el caso anterior se desconoce el primer postulado de la teoría celular que reconoce la existencia de organismos unicelulares y organismos pluricelulares, afirmación que tiene en cuenta los organismos pluricelulares (los animales, las plantas y los humanos) pero no menciona organismos procariotas, además la justificación permite deducir que todos los seres vivos están constituidos por células.

El tercer caso, afirma que las primeras células surgieron en el mar, no se reconoce que los primeros microorganismos existentes en el mar ya podrían ser en sí mismos las primeras células. Al igual que en los casos anteriores, una posible explicación de este comportamiento conceptual es la base de los cambios de pensamiento de los estudiantes, porque no encuentran un lugar adecuado de donde provengan los microorganismos y para reconocer que esto es un paso fundamental hacia los pluricelulares.

## Capítulo 8

### Unidad didáctica para la enseñanza de conceptos matemáticos<sup>19</sup>

Teniendo en cuenta que en el diseño de una unidad didáctica basada en la evolución conceptual, las ideas previas cumplen un papel fundamental en la evolución del concepto, para el caso del número racional es necesario partir de los siguientes aspectos teóricos y metodológicos:

1. Para el concepto del número racional, es necesario reconocer las diferentes representaciones de los estudiantes en torno al concepto, de tal manera que la evolución se podría determinar a medida que los estudiantes enriquezcan los registros que poseen y logren establecer sus relaciones y diferencias, así como el uso en contextos y situaciones particulares.
2. Uno de los obstáculos de los estudiantes en la enseñanza de las matemáticas, es la abstracción y según Piaget, la abstracción reflexiva. Por ello, las actividades tanto para explorar las ideas previas como el desarrollo de la unidad didáctica deberán llevar al estudiante desde el material real, al concreto, después al gráfico para que finalmente llegue al material simbólico, en la medida en que las actividades y los materiales propuestos lo permitan.
3. Para explorar las ideas previas al concepto de número racional, se requiere acompañar las acciones físicas de los estudiantes, con la verbalización de las acciones, actividad que nos permite reconocer

---

<sup>19</sup> Capítulo elaborado por el grupo de profesores investigadores de matemáticas. Los créditos aparecen al final de la unidad.

los obstáculos de los estudiantes para el proceso de simbolización en el momento de hacerlo.

4. Con el fin de poner al estudiante en situaciones variadas, individuales y/o de grupo, se sugiere que las actividades propuestas para la exploración de las ideas previas, se desarrollen en los siguientes momentos y orden respectivo:
  - a) Un momento individual para hacer una guía, con el material escrito para cada estudiante, con las respuestas y argumentos de las diferentes situaciones planteadas.
  - b) Un ejercicio de trabajo en pequeños grupos (máximo 5 estudiantes) en el cual podamos reconocer la *estabilidad*, *la dependencia del contexto* y *la certeza* de la existencia de las ideas previas de los estudiantes, así como la *coexistencia de conceptos*.
  - c) Un ejercicio colectivo, de actividades propuestas por el docente, empleando el tablero, para poner en evidencia los registros de representación que manifiestan y usan los estudiantes cuando enfrentan situaciones que requieran los números racionales.

### **Actividad individual (documento del profesor)**

El primer ejercicio consiste en reconocer el concepto de unidad, para lo cual se da a los estudiantes la siguiente instrucción:

Tomen una hoja tamaño carta, hagan dobleces a esta hoja para obtener 4 partes iguales. Encuentren diferentes formas de doblar la hoja para obtener las partes pedidas y al final deben responder las siguientes preguntas:

¿Cuál será el método más correcto?

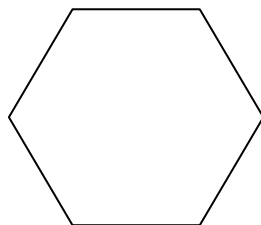
¿El tamaño de los pedazos varía según el método que se siga?

¿La cantidad de papel que hay en cada pedazo es distinta?

En cuanto a la **Fracción como relación parte – todo**:

1. Si la siguiente figura constituye las  $\frac{2}{3}$  de otra, ¿Podría dibujar la otra figura? ¿Qué requiero para poder hacerlo?

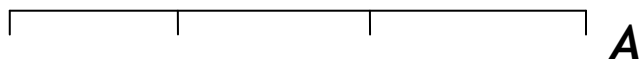




### Fracción como medidor

¿Qué fracción del todo, representa cada parte?

- Para medir la longitud de la cuerda **A** se utilizó la cuerda **B**. Si en ambas cuerdas los nudos están igualmente separados, la longitud de B es:

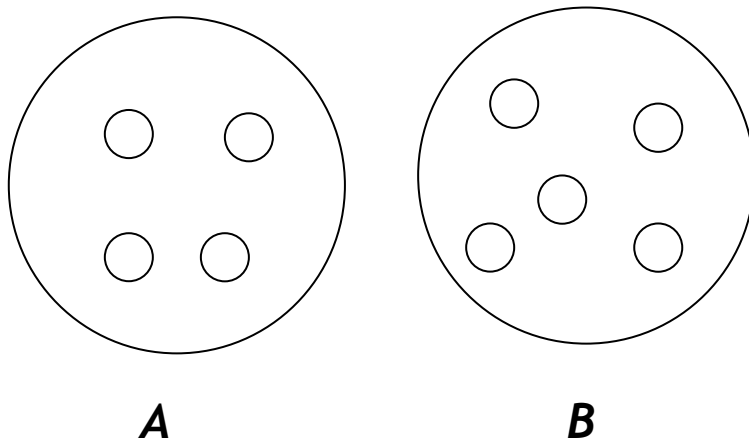


Demuestre y argumente su respuesta.

### Fracción como razón

2. Se proponen situaciones como las siguientes:

- Sustento la siguiente afirmación:  
La relación entre los puntos A y B es de  $4/5$ .  
La relación entre los puntos B y A es de  $5/4$ .



### **Fracción como cociente**

Utilizando material concreto resuelvo las siguientes situaciones:

- ❖ Tres estudiantes deben hacer unos dibujos para pegar en su cuaderno de Biología, pero no cuentan sino con dos hojas de papel blanco para los tres. ¿De qué manera se pueden repartir las hojas para estar seguros que cada estudiante reciba la misma cantidad de papel?

Después de resolverlo con las hojas de papel, realizo el dibujo y posteriormente lo expreso en símbolos matemáticos.

- ❖ Tengo 3 galletas y hay que repartirlas entre 4 niños. ¿Cuánto le toca a cada uno?

Después de hacer el dibujo de la repartición, lo expreso en símbolos matemáticos.

### ***Orientaciones para los docentes de la reflexión metacognitiva***

#### *Preguntas de comprensión*

Están diseñadas para iniciar a los estudiantes en la reflexión de las tareas antes de enfrentarse a resolver problemas, se sugiere que lea en voz alta el problema planteado, describa la tarea con sus propias palabras y trate de enten-

der lo que significa; para ello, las preguntas que se harán a los estudiantes son las siguientes:

¿Cuál es la pregunta del problema?

¿Cuál es su significado matemático?

¿Cuál es el problema para resolver?

¿Qué relación tiene con el concepto de número racional?

### *Preguntas estratégicas*

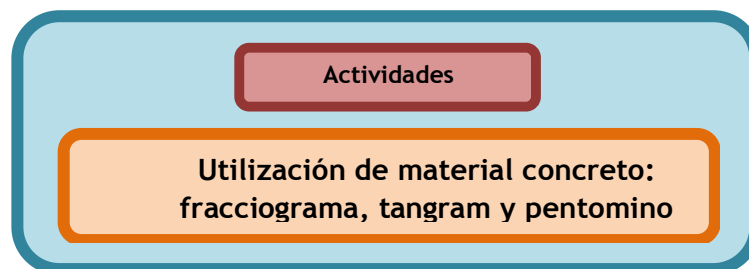
Están diseñadas para iniciar a los estudiantes en el uso apropiado de estrategias para resolver el problema dado.

Los estudiantes describen *el qué* (¿Qué estrategias utilizan para resolver el problema?), el *por qué* (¿Por qué esta estrategia es apropiada para resolver el problema?) y *el cómo* (¿Cómo pueden organizar las estrategias para resolver el problema? Y ¿Cómo pueden sugerir un plan para llevarlo a cabo?)

### *Preguntas reflexivas*

Están diseñadas para iniciar a los estudiantes en la reflexión y sentimientos durante el proceso de solución.

¿Qué estoy haciendo?, ¿Cuáles son las dificultades para resolver el problema?, ¿Cuáles son los sentimientos que me produce la resolución del problema?, ¿Cómo puedo verificar la solución?, ¿Puedo aproximarme a la resolución del problema?



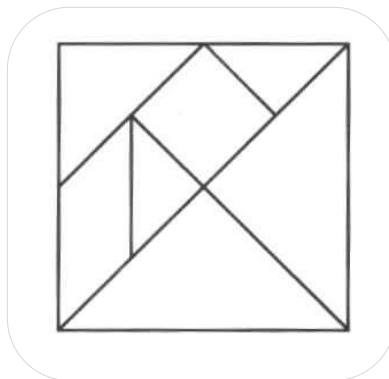
### **Orientaciones generales**

Es importante reconocer que el material concreto, puede considerarse como el paso entre el material real y el material simbólico, cuya ventaja fundamen-

tal es la facilidad para representar el plano y luego dibujarlo. Por tal motivo es importante que al principio se le permita al estudiante manipular el material, jugar con el, explorarlo, para después hacer una actividad que le permita reconocer su uso didáctico. Se iniciará la actividad con el uso del *fracciograma* por ser el material especialmente diseñado para el trabajo con fracciones: Se pretende establecer comparaciones y relaciones entre las diferentes particiones.

Se plantean situaciones en las cuales los estudiantes deben buscar equivalencias y demostraciones, también podemos utilizar el plegado de papel.

### Tangram

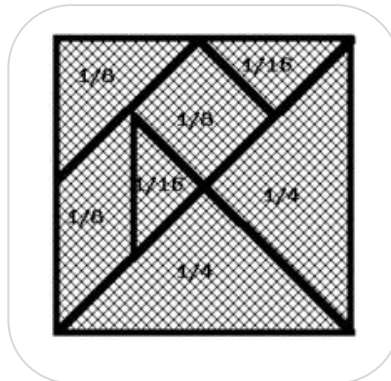


El tangram chino es un rompecabezas fácil de construir puesto que se obtiene dividiendo un polígono en cuadrados, triángulos, romboides, etc., todo ello como parte del modelo de tangram que queramos obtener. Como pasatiempo para construir figuras utilizadas como un rompecabezas se debe seguir las siguientes reglas:

- Utilizar en cada figura todas las piezas
- No superponerlas

En cuanto a **Fracción como relación parte – todo:**

3. Tomando las fichas del tangram, respondo y demuestro la relación que hay entre:



El triángulo pequeño y el cuadrado.

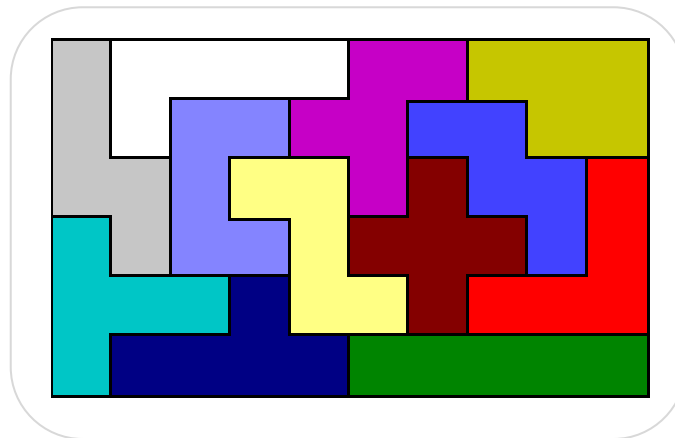
Formo un cuadrado con todas las fichas del tangram y demuestro la relación entre el triángulo grande y todo el cuadrado que se formó.

Si fuéramos a cubrir el paralelogramo con triángulos pequeños, ¿Qué parte sería uno de los triángulos con respecto al paralelogramo?

Para el caso de las fracciones es importante revisar la siguiente figura y pedirles a los estudiantes que justifiquen las fracciones que allí aparecen.

En un segundo momento convertir estas fracciones en porcentajes, de acuerdo con la distribución de la figura.

***Fracción como medidor***



Los pentominós son figuras cerradas formadas por 5 unidades de medida.

1. Observo cada una de las fichas de pentominó, las clasifico por letras por se asemejantes.
2. Con las fichas de pentominó formo rectángulos con las siguientes condiciones:
  - a) Construyo rectángulos con 3 y 4 fichas.
  - b) Construyo rectángulos con 5, 6, 7, 8 y 9 fichas.
  - c) Construyo 2 rectángulos distintos de 9 por 5 (unidades de medida)
  - d) Construyo 2 rectángulos de 7 x 5 (unidades de medida)
  - e) Construyo 2 rectángulos de 10 x 4 (unidades de medida)
  - f) Construyo 2 rectángulos de 11 x 4 (unidades de medida)
  - g) Construyo 2 cuadrados de 5 x 5 (unidades de medida)

Después de construirlos los rectángulos, cuento el número de fichas que tengo, si esa es la totalidad ¿Cuál es el porcentaje de cada una de sus fichas, dos, tres, cuatro?

Dado que el pentominó nos permite trabajar la proporción, si podemos partir de las actividades desarrolladas con el pentominó para trabajar el concepto de razón, para luego llegar a equivalencias.

El concepto de porcentaje se refiere al concepto de fracción como operador y debe trabajarse simultáneamente con el concepto de razón.

Para pasar a la fracción decimal se inicia con el concepto de fracción como cociente.

### ***Los racionales y la recta numérica***

El empleo de la recta numérica tiene una intención fundamental y es el aprendizaje de las relaciones de orden en los números fraccionarios y por supuesto el reconocimiento de la noción mayor y menor.

En síntesis, la representación de la recta numérica refuerza:

- Los conceptos de las fracciones como representación de números racionales.
- El estatus de los números racionales.
- La interpretación de las fracciones como medida.

- La idea de que el conjunto de los números racionales constituye una extensión de los conjuntos de números enteros.

Según las investigaciones realizadas, la representación de la recta numérica debería iniciarse con la interpretación de la regla, antes de pasar a escalas abstractas.

Se propone una actividad con tiras de papel, correspondientes a distintas fracciones de la unidad y se pueden realizar en pequeños grupos de manera que a cada grupo se le asigne la representación de varias fracciones y luego se comparan los resultados dados, para reconocer el orden de algunas equivalencias.

### **Actividad individual (Guía para el estudiante)**

**Institución:** \_\_\_\_\_

**Nombre del estudiante:** \_\_\_\_\_

**Curso:** \_\_\_\_\_

1. Tomen una hoja de papel tamaño carta, hagan dobleces a esta hoja para obtener 4 partes iguales. Busquen diferentes formas de doblar la hoja para obtener las partes pedidas y al final de la experimentación respondan las siguientes preguntas:

Hago la actividad con la hoja disponible

Hago el dibujo de lo realizado

¿Cuál será el método más correcto?

¿El tamaño de los pedazos varía según el método que siga?

¿La cantidad de papel de cada pedazo es distinta?

---



---



---



---

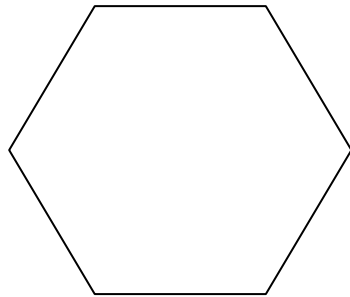


---



---

2. ¿Si la siguiente figura constituye los  $\frac{2}{3}$  de otra, podría dibujar la otra figura? ¿Qué requiero para poder hacerlo?



3. ¿Qué fracción del todo representa cada parte?

---

---

---

---

➤ Para medir la longitud de la cuerda A se utilizó la cuerda B. Si en ambas cuerdas los nudos están igualmente separados, la longitud de B es:



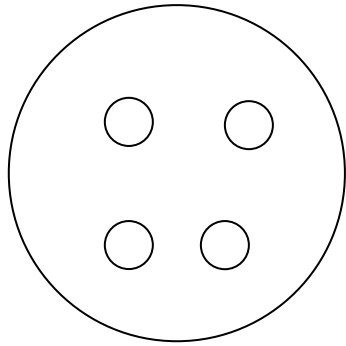
Demuestro y argumento mi respuesta.

4. Sustento la siguiente afirmación:

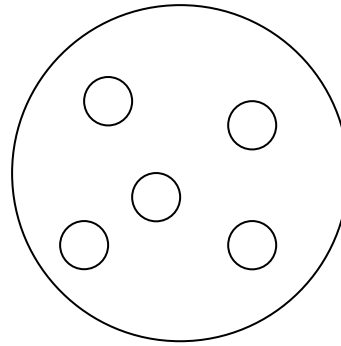
La relación entre los puntos A y B es de  $4/5$ .

La relación entre los puntos B y A es de  $5/4$ .





**A**



**B**

---

---

---

---

---

5. Utilizando material real resuelvo las siguientes situaciones:

- ❖ Tres estudiantes deben hacer unos dibujos para pegar en su cuaderno de Biología, pero no cuentan sino con dos hojas de papel blanco para los tres. ¿De qué manera se pueden repartir las hojas para que cada estudiante reciba la misma cantidad de papel?

Después de resolverlo con las hojas de papel, pinto el dibujo y posteriormente lo expreso en símbolos matemáticos.

### **Actividad en grupos (Máximo 5 estudiantes)**

**Nombres de los integrantes del grupo**

---


---

---

---

---

Al terminar el año, los estudiantes de grado once del colegio preparan un viaje a Cartagena. Varias empresas les ofrecen sus servicios, la decisión es difícil porque para lograr el contrato, porque cada les propone distintos beneficios. Observemos los folletos de publicidad.



**Empresa  
Vacaciones  
por Colombia**


Viajan 7 y pagan 6

Su mejor  
opcion

Empresa  
Viajando  
por Colombia

Viajan 5 y pagan 4

Disfrute el  
mejor  
servicio



- ❖ ¿Si fueran a viajar 15 estudiantes, cuánto deberían pagar en cada una de las empresas de turismo? ¿Si fueran 20 estudiantes, si fueran 25 estudiantes?

**Justificamos la respuesta y proponemos una conclusión derivada del ejercicio realizado.**

3. Leemos la siguiente historieta:

4.

Un grupo de estudiantes de Bogotá se fueron de paseo para Villeta, lo primero que hicieron fue ir al Terminal de Transportes a comprar los tiquetes en la cabina de Bolivariano, como eran 5 personas y cada tiquete costaba \$2.000. En total costaron los pasajes \$10.000 pero había una promoción y les rebajaron el 20%.

Cuando se subieron al bus les dieron los 5 puestos respectivos, pero para ir-se acompañados ocuparon los  $\frac{4}{5}$  de los puestos que les correspondían.

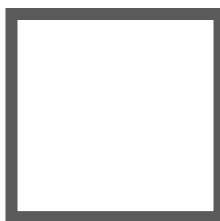
En la mitad del camino uno de los compañeros compró 4 gaseosas pues no le alcanzó la plata para comprarle a cada uno, lo que quiere decir que tuvo que repartir entre los 5, las cuatro gaseosas que compro. ¿Qué cantidad de gaseosa tomaron cada uno de los 5 viajeros?

De acuerdo con la historieta, representamos en una gráfica las acciones realizadas y posteriormente lo expresamos con símbolos matemáticos.

¿Qué conclusiones podemos obtener de esta actividad?

**Actividad de Grupo (Ejercicio de clase)**

1. Dibujo cuatro figuras distintas que representen  $1/4$  del cuadrado. ¿Qué necesito para realizar esta actividad?



2. Complete el conjunto a lápiz sabiendo que sólo se han dibujado  $3/4$  partes de él.
3. Para cubrir una ventana se necesitan dos pliegos y medio de papel. ¿Si sólo se tiene el papel por cuartos cuánto se debe emplear? Utilizo hojas para hacer la demostración y luego lo dibujo y represento la respuesta numéricamente.
4. El descanso es importante para mantener una buena salud. Dormir es una forma de descanso. Sin embargo, la cantidad de tiempo que necesitan dormir los animales es sorprendente.

Nombre del animal	Fracción de día que duerme	Porcentaje de la fracción de día que duerme	Décima fracción de día que está despierto
Cerdo	$13/24$		
Elefante asiático	$1/6$		
Gorila	$1/2$		
Oveja	$1/8$		
Koala	$11/12$		
Perezoso	$5/6$		
Armadillo	$3/4$		
Gato	$5/8$		

5. Plantear ejemplos que muestren los diversos significados de las palabras según el contexto en el cual se utilizan: un cuarto, un sexto, un quinto.

¿Qué fracción de año queda al finalizar el mes de agosto?

¿Qué fracción de día son 6 horas?

¿Qué parte del día dedicas a ver televisión?

Del total de horas de clase que tienes cada semana, ¿Qué porcentaje corresponde a cada asignatura?

De los 50 litros de gasolina que caben en el depósito de un carro, se han gastado 35 litros. ¿Qué porcentaje del depósito queda lleno todavía? ¿Cómo expresaría en decimales?

¿Qué fracción de horas son 20 minutos?

## Créditos

El diseño de la unidad didáctica contó con la participación de las siguientes entidades:

Universidad Autónoma de Manizales

Centro de Estudios Avanzados en Niñez, Juventud, (CINDE – Universidad de Manizales)

*Grupos de Investigación:*

Cognición y Educación (Universidad Autónoma de Manizales)

Informática Educativa (Universidad Autónoma de Manizales)

Ambientes, actores y escenarios del desarrollo Humano (Universidad de Manizales – CINDE)

*Los docentes de matemáticas de las instituciones educativas:*

Liceo León de Greiff (Azucena Soto)

Instituto Universitario (Amanda Gonzáles)

Liceo Isabel La Católica (María del Socorro Montoya)

Colegio San Juan Bautista de La Salle (Luz Marina Campiño)

Colegio Oficial Mixto San Pío de La Enea (Jhon Jairo Quintero)

Escuela Normal Superior de Manizales (Rigoberto Escudero)

*Diseño de la herramienta tecnológica:*

Adriana María Giraldo

Luisa Fernanda Navarro

ágina elaborada por Ligia Inés García

José Fernando Mejía

## Capítulo 9

### Conceptos de los estudiantes sobre número racional<sup>20</sup>

Desde la Didáctica de las matemáticas<sup>21</sup>, marco contextual de esta investigación, reconocemos la naturaleza y el significado de los objetos matemáticos, entendidos como “*un sistema emergente de prácticas en el cual se manipulan objetos materiales desglosables en diferentes registros semióticos*” Chevallard (1991. p.8) citado por Godino y Batanero (1994); se plantea específicamente el estudio de un objeto matemático como el número racional.

Lograr que los estudiantes comprendan, el reconocimiento de sus diversas manifestaciones, representadas y compartidas por el sujeto individual y en grupo, empleadas en los diferentes contextos y situaciones.

El concepto de objeto matemático propuesto por Chevallard (1991), que plantea la construcción de conceptos está dada en la dialéctica entre los objetos ostensivos como son las representaciones semióticas y los objetos no ostensivos como los objetos matemáticos<sup>22</sup>, pero se asume de acuerdo con Duval (1999 y 2006), que es necesario diferenciar el objeto matemático de sus representaciones semióticas, necesidad de diferenciar su tratamiento y conversión esencial de la comprensión matemática.

---

<sup>20</sup> Capítulo elaborado por Ligia Inés García y Adriana Giraldo.

<sup>21</sup> Concebida como “*disciplina científica y campo de investigación cuyo fin es identificar, caracterizar y comprender los fenómenos y procesos que condicionan la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*”. (Fuente). Godino (1996)

<sup>22</sup> Chevallard (1999) propone una clasificación de los objetos matemáticos en ostensivos y no ostensivos. Entiendo por ostensivo todo objeto material y no ostensivo todos los objetos a los cuales atribuye cierta existencia aunque no se pueden ver.

De acuerdo con lo anterior, todo objeto matemático nos remite a “no objetos”, es decir, a significados que no tienen correspondencia con elementos de la realidad concreta y que por consiguiente deben apoyarse en representaciones para tener una identidad, sus conceptos deberán pasar a través de registros representados, lo que implica que el objeto no se ve por sí solo, sino que siempre estará por su signo, por la representación semiótica.

Para el objeto matemático “numero racional”, las fracciones dan origen a la construcción de los números racionales, que dan cuenta de la relación parte – todo y se representan de manera geométrica, discreta, numeral y literal. (Rico, 1997)

Hay que partir de las diferentes representaciones semióticas empleadas por los estudiantes en torno al objeto matemático número racional, cuya comprensión se podría determinar a medida que los estudiantes enriquezcan las representaciones que poseen, logren establecer relaciones entre éstas y hagan tránsitos conscientes de un registro a otro según el uso significativo del objeto.

Para la exploración de las ideas previas y para el desarrollo de la unidad didáctica, se asume que los objetos matemáticos son construcciones hechas por los sujetos que al interactuar establecen sus pares, con el maestro y con el entorno; estos objetos se han enriquecido históricamente por el uso de nuevos sistemas matemáticos, signos surgidos de la historia. Por lo tanto, no son estáticos, sino que se retroalimentan permanentemente, son dinámicos y cambian en la medida en que se incorporan nuevos registros semióticos o se transforman los existentes.

En este estudio realizado con alumnos de séptimo grado, partieron de la construcción hecha por los sujetos de este objeto matemático número racional, con base en los primeros acercamientos con él, a partir de las fracciones, y luego con la incorporación de otros lenguajes que faciliten la aparición de nuevas representaciones semióticas.

En este análisis se reconoce que en la enseñanza de las matemáticas se inicia por el concepto de número, hasta avanzar por los sistemas numéricos (enteros y racionales), reconociendo el pensamiento numérico como la manera de resolver situaciones en las que se hace uso de las estructuras numéricas y sus representaciones.

Según Vasco (1994, 24), “ *la idea general para el estudio de los fraccionarios en la básica secundaria es la de tejer un sistema conceptual único, a partir de los distintos sistemas vistos en la básica primaria, y el manejo comprensible y seguro de los sistemas simbólicos usuales: el de las fracciones y las representaciones decimales y porcentuales*”, lo que los llevó a integrarlos en una misma unidad didáctica y por consiguiente a explo-

rar las ideas previas tanto fraccionarias como decimales y porcentuales de los estudiantes.

Tradicionalmente en el aprendizaje de la matemática, uno de los obstáculos permanentemente visibles, es la abstracción reflexiva, entendida como la posibilidad de pasar de las acciones físicas y concretas al reconocimiento de un sistema conceptual simbólico; por ello, las actividades realizadas tanto para explorar las ideas previas, como para desarrollar la unidad didáctica, se encaminaron a llevar al estudiante del material concreto al material simbólico, a través de actividades y reconocimiento del concepto que los profesores estudiaron con los alumnos. La abstracción reflexiva es posible en la medida que el estudiante comprenda las acciones que realiza sobre los objetos a través de preguntas metacognitivas en todo el estudio hecho que permite su verificación.

De acuerdo con lo anterior, la abstracción reflexiva como una forma de representación, es una construcción del objeto, de acuerdo con la capacidad semiótica del sujeto, lo que le permite buscar formas posibles de representar el mismo objeto.

De este trabajo inicial, se puede afirmar que al explorar las ideas de los estudiantes acerca de los objetos matemáticos, para el caso de los numéricos, no es posible identificar distintos modelos, es decir, versiones del concepto de número, como se logra en las ciencias naturales o sociales, pero se reflejan diferentes representaciones semióticas de número racional que modifican los procesos conscientes de formación, tratamiento y conversión que podría ayudar a la comprensión de los estudiantes.

La indagación de la historia de las matemáticas, descubre que la noción de número se construye progresivamente, que se expresa mediante un sistema simbólico para nombrar, comparar, medir, relacionar y operar.

El estudio de las matemáticas desde la escuela, se inicia con el conocimiento de los números naturales, de acuerdo con Ruiz Higuera (2003); este conocimiento se considera *naturalizado*, utilizado cotidianamente en el contexto humano y social, de allí que es necesario que los estudiantes tengan dicho conocimiento antes de abordar un proceso de enseñanza.

Según Kieren (1988) citado por Dickson (1991, 294): “los números racionales” son los números expresables como razón o cociente de dos números enteros y por consiguiente entre ellos contamos con todas las fracciones, porcentajes y demás decimales representables mediante fracciones, esto es los decimales finitos y los periódicos.

Esta diversidad de representaciones es la que permite dar diferentes conceptos por estar relacionados con diversos tipos de situaciones (medida, parte de un todo, reparto, comparaciones) y además requieren diferentes registros semióticos y conversiones de un registro a otro. En términos de Duval (1999), es la relación entre la noesis, o el acto de pensar y la semiosis que determina la comprensión en matemáticas; entonces cobra sentido promover el uso de las distintas representaciones semióticas entre los estudiantes.

El diseño de un instrumento de exploración de ideas previas, tuvo dos pretensiones fundamentales: en primer lugar, analizar la noción parte-todo porque ésta se aproxima más al concepto de número racional (Llinares, 1988) y en segundo lugar, evidenciar el tratamiento de las siguientes representaciones semióticas: fracción, cociente indicado, porcentaje, decimal y razón.

La noción *parte – todo* es la relación de una unidad o un todo con sus partes, condición para la división en partes iguales.

Una totalidad dividida en varias partes iguales, la relación múltiple existente entre la dimensión de cada una de las partes y la magnitud de la totalidad se llama “fracción” de la magnitud total.

El concepto de fracción desde su origen histórico respondió a la necesidad de repartir objetos entre varias personas: el problema de distribuir 1, 2, 6 o 7 hogazas de pan entre 10 personas, es uno de las situaciones aparentemente resueltas en el Papiro de Rhind (también conocido como papiro de Ahmes, lo copió en 1650 a. C), como una de las referencias históricas más antiguas de la aparición de este concepto. Méndez (2003).

Para los antiguos egipcios, el problema de expresar las partes de un todo fue el motor de la invención de los fraccionarios, como la necesidad de medir cantidades continuas porque los números naturales resultaban insuficientes. Las matemáticas árabes tienen un auge importante en el manejo de los números racionales e introducen una notación más actual. Stevin, en el siglo XVI establece las operaciones con las fracciones y la expresión decimal, y logra su aceptación generalizada. La formalización del número racional llegará en el siglo XIX, como lo que el álgebra llama cuerpo de fracciones de los números enteros. Los números racionales se expresan de dos formas diferentes, como fracción, y con notación decimal. La escritura fraccionaria tiene, para Aleksandrov (1973) su origen en las relaciones entre la aritmética y la geometría. El uso particular de fracciones decimales y su utilización para la medida de magnitudes como el tiempo, da lugar a la notación decimal (Centeno, 1988).



Con el instrumento diseñado, se enfrentó primero a los estudiantes, con la necesidad de partir, distribuir, “*en partes iguales*”, diseño que talvez generó una limitación del instrumento, al no permitir la partición libre del material; condición necesaria para establecer la relación parte – todo y para determinar el concepto de número racional.

Las actividades propuestas en el instrumento, pretendieron partir del reconocimiento de los sistemas concretos que corresponden según Vasco (1994) a lo que se llamarían los sistemas prematemáticos, para avanzar en la construcción conceptual, que requiere el sistema simbólico.

Para que los estudiantes reconozcan la noción parte – todo, propusieron los dos ejercicios siguientes:

- a. Tomen una hoja tamaño carta, doblen la hoja en 4 partes iguales. Busquen diferentes formas de doblar la hoja para obtener las partes pedidas y al final de la experimentación respondan las siguientes preguntas:

¿Cuál será el método más correcto?

¿El tamaño de los pedazos varía según el método empleado?

¿La cantidad de papel de cada pedazo es distinta?

- b. Utilizando material real resuelvo la siguiente situación:

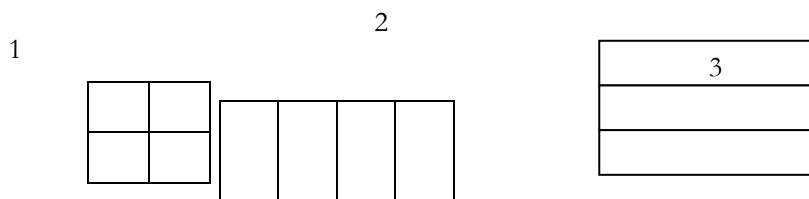
Tres estudiantes deben hacer unos dibujos para pegar en su cuaderno de Biología, pero sólo cuentan con dos hojas de papel blanco para los tres. ¿De qué manera se pueden repartir las hojas para que cada estudiante reciba la misma cantidad de papel?

En el primer ejercicio, los estudiantes logran hacer la partición física recurriendo a varios métodos, por ejemplo:

“Ir doblando las puntas, doblar la hoja en cruz. Doblarla en 4 partes y las 4 partes son 4 rectángulos, doblarla a la mitad y después dejarla así y la vuelve a voltear de lado derecho o izquierdo. Doblar en cuatro partes iguales, doblar el largo y el ancho. Yo supongo que es el que acabo de dibujar medianamente los dobleces por la mitad de la hoja. Doblar en mitades hasta conseguir cuatro cuadros. Doblar la hoja de un lado a otro y repetirlo, pero cogiendo de la parte ancha. El método correcto es: el que se dobla hacia abajo y hacia un lado y obtengo las 4 partes. Primero se dobla a la mitad luego otra vez a la mitad. Y luego se dobla en X. Y se dobla por Y luego por X. Y así quedan 4 partes iguales (4) en total 16 partes. Tengo una hoja de papel y la doblo a la mitad, luego al doblarla a la mitad vuelvo y la doblo luego la abro y ya. El método más correcto para que la hoja quede partida o dividida en 4, podría ser doblar la hoja a la mitad, luego doblar a la mitad de nuevo y me

queda un cuadrado después, lo abro y queda dividido en 4 y al abrirlo finalmente queda dividido en cuatro”.

Otro estudiante recurre a la siguiente gráfica:



De acuerdo con Vasco (1994), la partición física y la selección de la unidad no es lo mismo que la partición matemática; en la partición física no se tiene en cuenta la magnitud que es la que se parte o divide, en la partición matemática, sí, se tiene en cuenta la magnitud, como el largo, el área o la masa.

Como puede observarse en todas las evidencias de los estudiantes, partir por la mitad un objeto o en cuartos se hace a través de acciones físicas, no matemáticas y, se hace tratando de doblar el papel de tal manera que no se pierda la forma (cuadrada o rectangular), pero no se tiene en cuenta la magnitud al hacer la partición.

Hay una tendencia a dividir el papel por mitades, pero tradicionalmente, se recurre a los métodos convencionales como doblar las puntas, doblar en forma de cruz, asumiendo que esta partición, mantiene la forma cuadrada del “todo” al fraccionar; el concepto de igualdad está directamente relacionado con la forma cuadrada o la forma rectangular que parece ser lo mismo para ellos, con respecto al concepto de igualdad que pretende mantener la figura cuadrada – rectangular, en el caso de la hoja de papel.

Cuando se le pregunta al estudiante si el tamaño de los pedazos varía y responde que “*sí ya que las verticales son más largas que las horizontales*”. Se presta atención a la forma, más no a la igualdad de las formas que queden; de acuerdo con esta respuesta, los estudiantes recurren a una división convencional, porque hay un interés por mantener la forma cuadrada o rectangular. Vemos que los estudiantes en la acción física de partir en pedazos una magnitud, asumen la igualdad asociada a la forma de los pedazos en los cuales se divide la magnitud dada, no a la igualdad de la medida; mantener las partes de la hoja de forma cuadrada o rectangular, les da sentido de igualdad.

A partir de lo anterior, aparece un primer concepto asociado a la medida, de acuerdo con Chamorro (1991, p. 17) cuando dice que “*para medir, el niño utiliza al principio una medida perceptiva a partir de impresiones sensoriales, antes de adoptar una unidad de medida*”, en el ejercicio propuesto, los estudiantes no han logrado reconocer que para esta acción solicitada se requiere una medida de área o de superficie sino que recurren a la forma cuadrada o rectangular.

Lo mismo sucede cuando proponen que “*Si, porque así los doblemos, y den las mismas partes iguales, algunos quedan anchos, angostos o largos*”, “*Si, algunas quedan horizontales y verticales y otros quedan solamente verticales y horizontales*”. “*No, no es distinta debido a que el largo y ancho es igual por que la figura queda totalmente igual*”. Continua siendo reiterativo no reconocer la unidad de medida, es decir, para los estudiantes no es evidente la magnitud de área o de superficie sobre la cual se fundamenta el ejercicio propuesto.

En otro momento del proceso también se recurre a la medida, se nota una aproximación a ésta, como mecanismo de partición, históricamente y de acuerdo con Chamorro (1991, 127), “*la construcción de los números racionales como extensión de los enteros es consecuencia de la medición de magnitudes*”; al trabajar en esta dirección se ubica primero un “todo” (continuo o discreto), el cual se divide en partes congruentes (puede ser de las partes de una superficie o la cantidad de objetos), la medida es la relación entre la parte y el todo.

De acuerdo con Dickson (1991, 94) las operaciones fundamentales en el proceso de medida son la conservación y la transitividad:

*Conservación* es la parte no variable de una situación, por ejemplo, la longitud de un pasillo seguirá siendo la misma independientemente de la dirección que uno recorra. La apreciación de elementos invariables de una situación es fundamental para desarrollar el proceso de medida.

*Transitividad* si es capaz de tener un referente para comparar dos magnitudes, se puede decir que se está desarrollando la noción de transitividad. Cualquiera que sea la situación de medida, toda utilización de un instrumento de medida que este provisto de significado, descansa en la noción de transitividad.

Se puede pensar que se empieza a desarrollar la noción de transitividad y conservación cuando se utiliza algún elemento como instrumento de medida. Se podría decir que se ha alcanzado el proceso de medida cuando hay conciencia del espacio como un conjunto infinito y continuo de puntos.

La acción de medir supone la reiteración de una unidad de medida, es decir, debe haber una noción de división repetida sobre la totalidad de la extensión

de la magnitud considerada y esta repetición mientras se mide debe estar cubierto o lleno por la unidad de medida.

Otro de los aspectos importantes en el desarrollo de las nociones asociadas al proceso de medición es la comprensión de la relación tamaño de la unidad y número necesario para medir la cantidad dada, esto quiere decir que cuanto menor sea la unidad de medida, será preciso repetirla tantas más veces, hasta “cubrirla” toda. En este sentido, la base de todo proceso de medición es en primera instancia la identificación de la unidad de medida, es decir, la idea de subdivisión expresada en función de cierta unidad de medida, que es repetida sobre la totalidad de la magnitud considerada.

Para los estudiantes, en la exploración de ideas previas, la constitución de la unidad y la magnitud son en primera instancia inherentes al aspecto visual, ligado al objeto repartido, lo que nos lleva a corroborar lo dicho, la partición se asume por la forma del objeto que se divide y no por su magnitud.

El concepto de unidad en esta primera aproximación al concepto de medida y por consiguiente de número racional, está ligado a un objeto, pero puede cambiar de un objeto a otro, siempre y cuando estos objetos estén relacionados.

En los siguientes relatos de los estudiantes, encontramos en algunos casos ciertos esbozos de la existencia de una unidad “figura”, cuando hace uso de otro instrumento que le permita medir el objeto de diferente forma:

“No, porque si es distinta midió mal pero si los cuatro cuadrados son iguales midió bien.

Medir bien para que las 4 partes queden iguales. No, porque para eso uno lo mide con la regla. Medir bien la hoja para que quede bien. Al contar con una regla los centímetros puede dar lo mismo. Se necesita saber los lados de las figuras y su medida. La fracción que representa cada parte es de  $12/12$ . Medir la figura hecha y con las mismas medidas hacer la otra figura. Para poder hacerlo necesita una regla que todos los lados sean iguales.  $56/3 = 18$ , se divide la medida de la hoja en 3 y el resultado es de 18 cm. y sobran 2 cms. de papel. Una hoja se reparte en tres partes en forma vertical de 9 cm”.

El uso de la regla, la necesidad de conseguir nuevos instrumentos de medida, da cuenta de un avance significativo para la consolidación de un sistema de magnitud, aunque todavía está anclada en la figura que se pretende medir, en este caso la hoja de papel.

Otros aspectos que entran en juego a la hora de hacer particiones de magnitudes en los casos propuestos, el estudiante debía recurrir a la partición de áreas que crean una confusión mayor, por la gran influencia de la forma en

esta magnitud, pues los estudiantes cuando identifican una superficie lo hacen en primer lugar, a través de la forma, de ahí que cualquier cambio en ella, no permita mantener la superficie.

Veamos algunas evidencias de esta afirmación:

“La hoja no es cuadrada sino rectangular. No, porque es un cuadrado, todas las partes deben quedar iguales. Si quedan cuatro cuadrados iguales, midió bien”.

Los fraccionarios como partidores pueden generar confusiones entre las operaciones físicas de objetos y los operadores conceptuales de magnitudes, es posible que no permitan la abstracción empírica y reflexiva. De acuerdo con Dickson (1991, p.297), existen algunos criterios para la comprensión de la acción física de la relación parte – todo de una fracción, en la cual podríamos reconocer la ubicación de las evidencias de los estudiantes:

- a) Cuando se dice que “*una región entera es considerada divisible*”; se manifiesta en los estudiantes la posibilidad de dividir o repartir lo que antes era considerado una unidad indivisible:

“Una de las dos hojas las divido en 3 para los tres niños, Si es posible porque pegaríamos las dos hojas y daría una sola hoja y luego divido la hoja en tres partes. Se une la otra hoja y se divide en tres partes horizontales. Muy fácil se doblaba la hoja se le daba  $\frac{1}{2}$  de 4 partes de cada hoja y así los tres estudiantes quedaban con la misma cantidad”.

Hay una tendencia a mantener el concepto de unidad para poder hacer la división en partes iguales. La unidad se considera como un todo divisible, para este caso planteado, entender la unidad como dos hojas, los estudiantes requieren conformar un todo para poder dividirlo en partes iguales, por ello recurren a unir las dos hojas o a realizar el mismo procedimiento, pero con cada hoja independientemente.

El concepto de fracción tal como se ha dicho en este texto, surge de la necesidad de fraccionar la unidad, pues históricamente los babilonios y los egipcios fraccionaban la unidad según sus sistemas de numeración, reconociendo la infinidad de veces en las cuales se puede partir la unidad. Chamorro (2003).

“Mientras haya más partes en las cuales hay que dividir la unidad, cada pedazo se vuelve más pequeño”.

Además de asumir que el todo se puede dividir en cualquier número de partes, los estudiantes también reconocen que mientras haya que dividir la unidad en más partes, éstas serán más pequeñas.

En el ejercicio de repartir las dos hojas en tres partes, surgen respuestas como éstas que dan cuenta que al dividir el todo, supone que no quedan partes sueltas:

“No se puede porque sobra una parte. No se pueden porque se parten cada pedazo en dos partes iguales y sobra un pedazo”.

También hay respuestas en las cuales no se considera necesario mantener esta condición, porque lo más importante es poder asignar a cada sujeto un pedazo o una parte de la hoja, veamos:

“Una hoja se divide en triduo y la otra se bota. Las hojas las parto a la mitad, y las reparto y sobra 1 y la dejamos sola. Las dos hojas se parten y quedan cuatro partes iguales como son tres estudiantes sobra una y la pueden dejar. Se puede repartir partiendo las dos hojas a la mitad y botando un pedazo. Los papeles iguales se reparten y sobra una. A cada hoja le arrancamos un pedazo para que los dos pedazos se unan y queden iguales a los otros dos pedazos”.

También se presentan acciones en las cuales el todo se considera una sola hoja, debido a la imposibilidad de manejar “todos”, compuestos por cantidades discretas, por ello se recurre a los siguientes métodos de partición:

“La hoja se divide en 3 partes iguales y la otra se bota a la basura. No se puede porque nosotros partimos el papel en 4 partes iguales y después repartir en 3 alumnos tres hojas pero ellas tenían 2. Para poderlo hacer deberían dividir las 2 hojas y al repartirlas sobraría 1. Se puede repartir porque hay dos hojas y estas se doblan para que queden 3 y así no sobra ninguna porque para los tres hay hojas dobles”.

b) Las partes tienen que ser todas iguales:

“Todos los pedazos son iguales. La cantidad de papel es igual ya que se dobla a la mitad horizontal y vertical. La cantidad de cada pedazo debe ser igual. No es distinto, todos los pedazos son iguales”.

Aparecen también algunas evidencias en las cuales se pierde la condición de partes iguales, privilegiando la partición como acción necesaria para solucionar la situación planteada:

“La forma es que partimos un pedazo de la hoja más grande que el otro y la otra del mismo tamaño que la primera forma y los dos pedazos pequeños al pegarlos tienen el mismo tamaño que las grandes”.

Además de lo anterior, en las actividades de los estudiantes, hay una tendencia a reconocer la unidad como aspecto fundamental permanente a pesar de las acciones físicas realizadas sobre ellas:

“Sí, porque en cada uno tiene una porción de papel”.

Al preguntar si la cantidad de papel varía, responden:

“No, sólo cambia la forma. No porque es un sólo material. Tienen la misma cantidad porque tiene la misma medida”.

“El tamaño si varía porque la hoja sigue siendo la misma. No porque se corta las veces que sea necesaria y queda la hoja. No, la hoja es la misma. No, porque es el mismo material que se usa. Al doblarse, los pedazos quedan iguales. Sí, porque en el paso uno la hoja o sea normal, mientras que en el último queda en 4 partes. Sí, varía porque al partirla o dividirla a la mitad queda en partes iguales y le da una medida o figura de igual valor y la ordena mejor”.

Con respecto a la pregunta: ¿La cantidad de papel que hay en cada pedazo es distinta?

“Sí, porque son muchos más dobleces. Sí, porque todos los pedacitos deben quedar de igual medida. No, porque es según los dobleces que se deban hacer. Sí, porque si se dobla con una parte más grande, la otra parte varía. No, porque son medidas iguales. No varía porque si lo sabe partir por toda la mitad salen iguales. No, es distinta, si se parte bien por la mitad no es distinta. No, porque son de diferentes formas pero de igual tamaño. Sí, varía en forma pero no en tamaño porque la hoja siempre es igual. Sí, porque los dobleces van volviendo los cuadros más chiquitos. No, porque los pedazos siempre van a ser iguales, porque la hoja es la misma”.

Se puede determinar la imposibilidad de los estudiantes para partirlas en 3, ésta determinada por la facilidad y la costumbre de partir siempre por la mitad, de acuerdo con Vasco (1994, 26), partir por “la mitad” o “en cuartos” son acciones físicas, no matemáticas y dependen de la cultura, porque son las particiones a las que generalmente nos vemos enfrentados y esto se evidencia en procedimientos como:

“Las hojas las parto a la mitad y las reparto y sobra una y la dejamos sola. Las dos hojas las debo doblar en 4 partes, me quedaran 8 cuadritos, los reparto y me sobran dos, esos los parto a la mitad y los doy y me sobra un pedacito. Deberán cortar las hojas a la mitad y sobra un pedazo”.

Hay una acción concreta de partir objetos en “partes iguales”, pero esta acción no lleva a la utilización de operadores matemáticos porque no se considera la magnitud como aquello que hay que partir, sino que es un todo, con una forma que hay partir.

Es importante destacar que en esta primera aproximación a las representaciones de los estudiantes la fracción como partidior en una relación parte –

todo, el ejercicio planteado para explorar ideas previas, favoreció el tratamiento de la acción física, por encima de la acción matemática y sólo en los siguientes casos, los estudiantes recurrieron al procedimiento matemático para encontrar la solución:

“3 para 2 es igual a  $\frac{2}{3}$ , para doblar una hoja se divide en  $\frac{3}{3}$  y se dividen en  $\frac{2}{3}$  para cada uno”.

En otro caso, un estudiante recurre a medir la hoja y plantea la siguiente solución:

“ $56/3=18$ , se divide la medida de la hoja en 3 y el resultado es de 18 cm. y queda sobrando 2 cm. de papel. Una hoja se reparte en 9 centímetros por tres partes en forma vertical. Alumnos  $3/2= 1,5$  hojas.  $6/3$  repartidos entre 3”.

Sin embargo, seguimos encontrando que a pesar de recurrir a estos procedimientos no se establece una relación coherente entre la acción física y el resultado matemático posible, por lo tanto, se cae en imprecisiones en el tratamiento de la representación semiótica, como en el caso anterior.

Nótese también que al recurrir a estos procedimientos, se pierde la noción de igualdad, o el sentido de agotar el todo.

Existen tres momentos en la construcción del concepto de fracción y se pueden evidenciar en lo expresado por los estudiantes:

1. El primer momento se caracteriza por una pérdida de la equivalencia de las partes al fraccionar la unidad.

“Las dos hojas las debo doblar en 4 partes, me quedaran 8 cuadritos, los reparto y me sobra una, esa la parto a la mitad y la doy”.

2. Las equivalencias se conservan en el fraccionamiento del entero, pero con el uso prioritario de la fracción unitaria.
3. Se descubre la utilización de estrategias múltiples, tanto en la relación entre el número y las partes como entre el conjunto de éstas y las partes proporcionales del reparto.

“Entre las 3 se reparten tercios,  $\frac{2}{3}$ .  $\frac{6}{3}$  repartidos entre 3.  $\frac{2}{3}$  para repartir en los 3 estudiantes.  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ . A cada niño le toca de a 2 hojas, porque si uno parte las 2 hojas iguales les toca de a 2 hojas a cada uno  $\frac{6}{3}$ .  $\frac{6}{3}$  repartidos entre 3  $\frac{2}{3}$ . Para repartir las hojas entre 3 estudiantes tiene que dividir en tercios y les toca de a  $\frac{2}{3}$ . Para repartir las hojas entre 3 estudiantes tiene que partir las 2 hojas en medio y les resta un pedazo  $\frac{2}{3}$ .  $\frac{6}{3}$  repartir entre 3 le tocó a cada uno de  $\frac{2}{3}$ . Cada hoja representa  $\frac{2}{3}$  tercios. Para repartir las hojas entre 3 estudiantes tengo que dividir en tercios y to-



caría  $3/3$ . A cada uno le toco de a  $4/6$ .  $3/4$  por lo que se dividen los pedazos en 4 y se cogen 3. Muy fácil se doblaba la hoja se le daba  $1/2$  de 4 partes de cada hoja y así los tres estudiantes quedaron con la misma cantidad. De las dos hojas que tenían las dividí en tres partes iguales entonces considere que a cada uno le toca  $2/3$ . A cada estudiante le toca de a 2 pedacitos iguales o sea que en fracción representa  $2/3$  para cada alumno. De las dos hojas que tenían las dividí en tres partes iguales, entonces considere que a cada uno le toca  $2/3$ ”.

Es posible identificar en los relatos anteriores, como se hace la conversión de los registros de representación, pasando de una representación proposicional a una numérica en una misma expresión y además les permite dar respuesta a la situación propuesta, veamos:

Cada hoja se divide en 3 fracciones quedan 6 fracciones y hay que dividir las entre  $3/6$  entonces a cada estudiante le toca de a 2 fracciones. A cada niño le dan dos partes de papel porque  $3 \times 2 = 6$ .  $1/3 + 1/3 = 2/6$ . Cada hoja se divide en 3 fracciones y hay que dividir las entre  $3/6 = 2$  entonces a cada estudiante le tocan 2 fracciones”.

El tratamiento de los registros de representación da cuenta de las dificultades que presentan los estudiantes en el manejo de algoritmos, sumado a la función que cumplan las ideas previas que tiene el estudiante.

Estas dificultades ponen en evidencia la influencia que tiene el intenso trabajo con el conteo de los números naturales que se hace en los primeros años de la educación básica, a la hora de operar con los racionales, que según Llinares (2003), el tratamiento de las representaciones puede llegar a generar obstáculos con el contenido representado, es decir, porque no hay relación entre lo sintáctico, dado por los símbolos y lo semántico, su contenido.

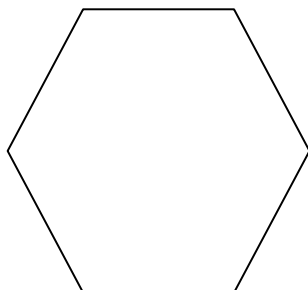
En matemáticas, lo mismo que en las ciencias naturales o sociales, la persistencia que tienen las ideas previas se debe en gran parte a la posibilidad que éstas ofrecen para la solución de problemas, las cuales “funcionan”.

En otro de los ejercicios planteados, la acción proponía partir del reconocimiento de la noción de unidad antes de llegar a la identificación de las partes:

¿Si la siguiente figura constituye los  $2/3$  de otra, podría dibujar la otra figura?

¿Qué requiero para poder hacerlo?

¿Qué fracción del todo representa cada parte?



Este es un problema en el cual hay que reconstruir el todo, conocida la parte y la fracción

La fracción que representa cada parte en la figura es  $\frac{1}{3}$  porque el numerador es 3 y cada parte representa una unidad. De cada fracción del todo presenta  $\frac{1}{3}$ . Cada parte representa 1 parte de la figura.  $\frac{1}{3}$  cada parte  $\frac{3}{3}$  toda la figura. Cada fracción representa 1 parte y juntándolas sería  $\frac{1}{3}$ . 2 partes son 6 lados entonces 3 son dos lados. Cada parte sería  $\frac{1}{8}$ . La fracción de todo que representa cada parte es de  $\frac{1}{6}$ . Hay que saber que cada lado representa  $\frac{1}{3}$  entonces habría que hacer 8 porque cada lado son 3. Se necesita saber los lados de las figuras y su medida. La fracción que representa cada parte es de  $\frac{12}{12}$ . Cada parte representa 2.2 cm. cada una. Coger las otras  $\frac{2}{3}$  y hacer un triángulo. La fracción que representa cada parte es de  $\frac{2}{1}$ . Si porque tiene  $\frac{2}{3}$  de la otra. Requiere medir  $\frac{2}{3}$  para obtener el resultado. Representa un hexágono regular porque las 2 miden  $\frac{2}{3}$ . Medir la figura hecha con las mismas medidas para hacer la otra figura. Cada parte representa 1 fracción de tercio.

El concepto de unidad manifiesta cuando se propone su reconstrucción a partir de las partes, esta situación puede presentar dificultades a los estudiantes porque no es posible saber cuál va a ser su representación, el significado de la unidad es el significado del “todo”. Según Llinares (2003), “*la manera de pensar sobre la unidad y la parte nos proporcionará diferentes maneras de representarla gráficamente*”, hecho que dificulta la identificación.

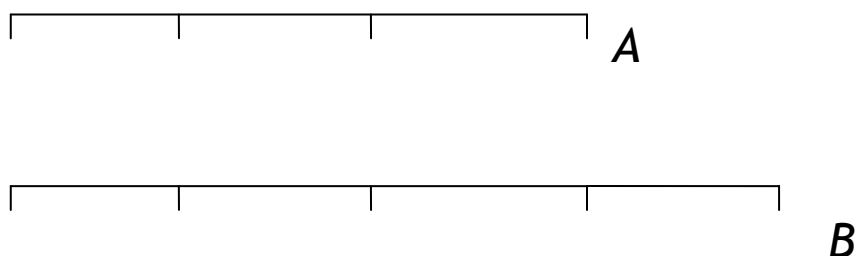
La respuesta que sigue, da cuenta de lo procedimental: “*Tengo que hacer el mismo dibujo para poder repartir un pedazo en él. Representa un hexágono dividido en 3 partes y tenemos que dividirlo bien*”.

Como *medidores* es una fracción que atiende a un patrón de medida. Por ejemplo, media vuelta, media libra, media docena. En esta representación, la medida se puede establecer en una dimensión (longitud), dos dimensiones (área) y tres dimensiones (volumen).

El ejercicio propuesto a los estudiantes, pretende establecer relaciones tanto del todo con las partes como de las partes con todo, tratando de aproximarse al concepto de fracción como número y su ubicación en la recta numérica.

Para este caso, considerar las fracciones como medidores, el ejercicio propuesto para explorar ideas previas fué el siguiente:

- Para medir la longitud de la cuerda A se utilizó la cuerda B. Si en ambas cuerdas los nudos están igualmente separados, la longitud de B es:



Demuestre y argumente su respuesta.

Las respuestas de los estudiantes, se pueden agrupar, de acuerdo con el avance del concepto de medida, para este primer relato la aproximación a una solución acertada es porcentual.

“Que A tiene menos nudos que B porque B tiene un nudo más que A. Al ser el nudo de A más corto le da una ventaja, es decir, que la longitud de A y B, B tiene una longitud más extendida. La longitud de estas cuerdas es que B tiene un nudo más que A. Es la A porque la B esta más larga. Mido cada nudo y comparo los nudos de la cuerda de A con los de B y los primeros 4 nudos son iguales y después sumo los resultados de B y me da el resultado”.

Sin embargo, se evidencian avances del reconocimiento de la unidad en las respuestas de los estudiantes:

“La longitud B es  $\frac{1}{4}$  de la longitud A.  $\frac{1}{3}$  longitud A <  $\frac{1}{4}$  longitud B.  
 $\frac{1}{4}$  longitud B >  $\frac{1}{3}$  longitud A”.

Los estudiantes establecen el todo y las partes en cada una de las cuerdas presentadas en el problema, hay una definición de la fracción tanto en A como en B, sin embargo, para establecer comparaciones entre dos cantidades como es el caso de A y B, se pretende comparar la una como punto de referencia de la otra.

Por lo anterior, se llega a imprecisiones, por ejemplo, “*un  $1/3$  de  $A$  pueda ser menor que  $1/4$  de la longitud  $A$ , imprecisión en la cuál se pierde por lo menos perceptualmente la diferencia entre  $1/4$  y  $1/3$  para el primero, la unidad está dividida en 4 partes y para el segundo caso, está dividido en 3 partes. La noción presente en la construcción del concepto de número, es conflictivo al hablar de los números racionales, por no ser según palabras del Vasco, “números contables”.*”

Contrario a las respuestas anteriores, en una de las evidencias se acude a la fracción para determinar la medida, es decir, se presenta el resultado de una medición mediante una fracción, respuesta que se utiliza poco en la solución de este tipo de problemas.

“ $3/4$ , Porque la cuerda B tiene 4 y la cuerda A tiene 3”.

En el siguiente relato, “*La longitud de la cuerda B es de 12 cm. porque la distancia es 3*”, se recurre al uso del número para dar cuenta del “todo”, pero la razón para asignar el valor se determina por el número de partes, más no por la medida.

Las representaciones semióticas se convierten en un aspecto fundamental en la enseñanza matemática, porque el objeto matemático posibilita la representación y el contenido de la misma. De acuerdo con Castro, Rico y Romero (1997) “*el conjunto de signos, símbolos y reglas para expresar una estructura matemática debe responder a su carácter sistémico, por ello se habla de sistemas matemáticos de signos (Kieran y Filloy, 1989), sistemas de notación (Kaput, 1992) o sistemas semióticos (Duval, 1999); para este estudio nos referirnos a aquellos signos o representaciones externas de los cuales los sujetos son conscientes y pueden compartir con los estudiantes.*”

Para avanzar en la construcción del número racional, seguimos el procedimiento al partir de las acciones físicas hasta llegar al sistema simbólico de representación.

Se hicieron cuatro actividades, teniendo en cuenta diferentes lenguajes, distribuidos así:

1. Utilización de material concreto: Fracciograma, tangram y pentominó.
2. Desarrollo de una guía de trabajo que privilegie el uso de material real y concreto hasta llegar al uso de material simbólico a través de la resolución de problemas.

3. Una actividad con apoyo tecnológico con el uso de un software educativo interactivo que contiene aplicaciones de los contenidos trabajados en las actividades anteriores.

Es importante tener en cuenta que todas las actividades y los diferentes registros de representación de los números racionales son trabajados conscientemente con los estudiantes con el fin de superar los obstáculos epistemológicos de este concepto.

Para una comprensión operativa de la relación parte – todo se necesita previamente el desarrollo de algunas habilidades como:

- Interiorización de la noción de inclusión de clases, según Piaget.
- Identificación de la unidad (el todo es la unidad en cada caso concreto).
- Divisiones (el todo conserva la cantidad aunque lo dividamos en trozos).
- Asimilación de la noción de área (para el uso de cantidades continuas).

Aspectos que se ven reflejados en las actividades llevadas a cabo en el diseño de la unidad didáctica, veamos:

### ***Utilización de material concreto: fracciograma, tangram y pentominó***

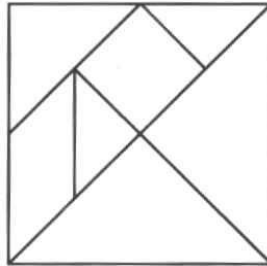
#### *Orientaciones generales*

El material concreto, constituye el paso entre el material real y el material simbólico, ventaja fundamental que facilita la representación en el plano y luego en el dibujo. Por tal motivo es importante que en un momento inicial se permitió a los estudiantes manejar el material, jugar con él, explorarlo, para luego hacer una actividad intencional de carácter didáctico.

Se inició la actividad con el uso del *fracciograma*, material especialmente diseñado para el trabajo con fracciones:

Se plantean situaciones en las cuales los estudiantes deben establecer equivalencias entre las diferentes formas y demostrarlas empíricamente, también en el papel plegado.

## Tangram

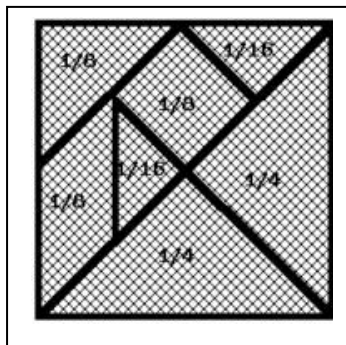


El tangram chino es un rompecabezas fácil de construir que se obtiene dividiendo un polígono en cuadrados, triángulos, romboides, etc. Según el tangram que deseamos obtener, como pasatiempo para construir figuras, como rompecabezas debe seguir las siguientes reglas:

- Utilizar en cada figura todas las piezas.
- No superponer las fichas.

Actividades desarrolladas:

4. Tomando las fichas del tangram, respondo y demuestro la relación entre:



El triángulo pequeño y el cuadrado. El reconocimiento del *todo* favorece la observación y el de los diferentes tamaños y por consiguiente la determinación de la unidad de medida. Se privilegia además la asignación de equivalencias, identificadas perceptualmente al principio para pasar a demostrarlas con la asignación de valor a cada una de las fichas.

Actividades como las siguientes permitieron establecer las equivalencias correspondientes:

Formo un cuadrado con todas las fichas del tangram y demuestro la relación entre el triángulo grande y todo el cuadrado que se formó.

“La acción física llevada a cabo por los estudiantes consiste en superponer el triángulo mayor sobre el cuadrado para determinar su relación, pero al solicitarle a los estudiantes nuevas maneras de presentar la respuesta facilita otras formas de representación tales como  $1/2$  o 50% o en algunos casos 0,5.”

La siguiente pregunta: ¿Si fuéramos a cubrir el paralelogramo con triángulos pequeños, que parte sería uno de los triángulos con respecto al paralelogramo?

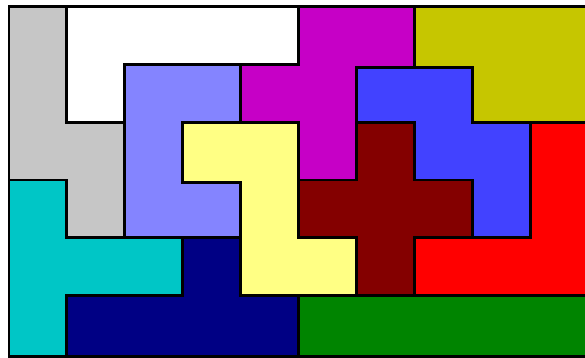
“Ocurre lo mismo que en la solicitud anterior, los estudiantes recurren primero a la realización de una acción física (cubrir el paralelogramo con los triángulos), pero al solicitar la presentación de la respuesta como expresión decimal o porcentual facilita la conversión”.

Para el caso de la asignación de fracciones a cada una de las formas de tangram, es importante revisar la siguiente figura y solicitar a los estudiantes la justificación de las fracciones que allí aparecen.

“Los estudiantes lograron reconocer la unidad más pequeña y a partir de ella, establecieron las fracciones siguientes, comparándolas con la mínima unidad de medida que corresponde al triángulo más pequeño, hecho que da cuenta de la necesidad de establecer siempre una unidad de medida”.

La identificación de la unidad de medida señala el criterio que establece el valor de la unidad, el proceso llevado a cabo por los estudiantes, se inicia con una actividad perceptual, a través de la identificación física y visual de la unidad de medida, para llegar a la identificación del valor de las demás fichas, pero siempre superponiendo el triángulo pequeño considerado como patrón, para establecer el número de veces que se repite.

### *El Pentominó*



Los pentominós son figuras cerradas formadas por 5 unidades de medida.

5. Observo cada una de las fichas de pentominó, las clasifico por letras por su semejanza con ellas.
6. Con las fichas de pentominó formo rectángulos con las siguientes condiciones:
  - Construyo rectángulos con 3 y 4 fichas.
  - Construyo rectángulos con 5, 6, 7, 8 y 9 fichas.
  - Construyo 2 rectángulos distintos de 9 x 5 (unidades de medida)
  - Construyo 2 rectángulos de 7 x 5 (unidades de medida)
  - Construyo 2 rectángulos de 10 x 4 (unidades de medida)
  - Construyo 2 rectángulos de 11 x 4 (unidades de medida)
  - Construyo 2 cuadrados de 5 x 5 (unidades de medida)

Después de construidos los rectángulos, cuento el número de fichas que tengo, si esa es la totalidad, conocer el porcentaje de cada una de sus fichas, dos, tres, cuatro.

“En cuanto al uso de la representación porcentual, hay que aclarar a los estudiantes que ésta es una totalidad y que cada ficha corresponde a una porción. Se nota en los estudiantes la recurrencia a la analogía con las tortas o pasteles, lo que favorece esta representación”.



La noción de equivalencia se apoya en la idea de las diferentes divisiones que resultan de la relación del todo con sus partes, lo que se hace evidente en juegos como el tangram o el pentominó.

### *Guía de trabajo*

Teniendo en cuenta la siguiente información, dibuje la figura y luego interprete y resuelva las preguntas.

- Los rectángulos ABCD, EFGH, IJKL son congruentes o iguales.
- El rectángulo ABCD está dividido en 4 partes iguales, el rectángulo EFGH en dos partes iguales y el IJKL en 8 partes iguales.

### *Preguntas:*

- a. Si cada rectángulo corresponde a una unidad. ¿Cuál es la fracción que representa la parte del rectángulo ABCD pintada en rojo? En el rectángulo EFGH, ¿Cuál es la fracción que representa la parte azul? Y en el rectángulo IJKL, ¿Cuál es la fracción que representa la parte verde?
- b. Recorte cada rectángulo en las partes en las cuales se dividió. ¿Cuántas partes del rectángulo ABCD se requieren para cubrir la parte azul del rectángulo EFGH?, ¿Cuántas partes del rectángulo IJKL se requieren para hacerle la misma operación?
- c. ¿Qué puede concluir de las respuestas a y b?

Posterior al trabajo realizado con material concreto como el tangram o el pentominó, que da cuenta de la actividad física que precede la actividad matemática, se propone la actividad anterior, en la cual se hace uso de la representación gráfica.

En el trabajo con los estudiantes, se reconoce y percibe una magnitud posible que ofrecen las formas geométricas de “medición”, como una propiedad de los objetos; también surge la conservación de la magnitud, aunque el número de partes no sea igual en los tres triángulos presentados.

### *Los racionales y la recta numérica*

El empleo de la recta numérica tiene una intención fundamental y es el aprendizaje de las relaciones de orden en los fraccionarios y por supuesto el

reconocimiento de las nociones de mayor y menor, que permite encontrar la relación de las propiedades de los números naturales.

En síntesis, la representación de la recta numérica refuerza:

- El concepto de las fracciones como representación de números racionales.
- El status de los números racionales.
- La interpretación de las fracciones como medida.
- La idea de que el conjunto de los números racionales constituye una extensión del conjunto de los números enteros.

De acuerdo con investigaciones realizadas por Inhelder citado por Dickson (1991), la representación de la recta numérica debería iniciarse con la interpretación de la regla antes de pasar a escalas abstractas.

Se propone una actividad con tiras de papel, correspondientes a distintas fracciones de la unidad y se puede realizar en pequeños grupos de manera que a cada grupo se le asigna la representación de varias fracciones y luego se comparan los resultados dados, para identificar el orden de estas y algunas equivalencias.

# Capítulo 10

## Conclusiones

Dado el amplio número de variables y categorías estudiadas y de los diferentes tipos de análisis realizados, no es fácil identificar las conclusiones más sobresalientes de la investigación, no obstante, presentamos algunos de los hallazgos más representativos de los siguientes aspectos: Los conceptos de los profesores acerca de la enseñanza, el aprendizaje y la ciencia, elementos de orden teórico y metodológico para el diseño de las unidades didácticas y las referidas a los cambios de observaciones de los estudiantes como consecuencia de la aplicación de las unidades diseñadas por los profesores. A continuación nos referiremos a las conclusiones.

### En cuanto a los conceptos de los profesores

- Con base en la información analizada, el modelo de ciencia de los profesores participantes en la investigación tiene fuertes visos empiristas, evidentes de los diferentes supuestos teóricos de la observación, la aprehensión de la realidad a través de los órganos de los sentidos, reforzada con las descripciones de orden metodológico de los procesos de operación de la lógica del método científico. El 31% de las expresiones referidas al papel del profesor lo ubican como mediador, acompañante o guía del proceso de enseñanza–aprendizaje. El 46% de las respuestas de los profesores a la pregunta ¿Qué entienden por enseñanza y cómo enseñan? se refiere de manera específica a los procesos de enseñanza, de este último porcentaje, el 58% de las respuestas desarrollan ideas empiristas.
- De otra parte, es interesante destacar que, no obstante lo anterior, el 38% de las respuestas de los profesores provienen de las habilidades centradas en el sujeto, tales como la disciplina, la pasión, la dedicación, la paciencia... etcétera. Este comportamiento en las respuestas lo consideramos muy importante debido a que los maestros tienen una imagen de

carácter científico que destacan especialmente las cualidades personales y las posibilidades del trabajo en grupos y en redes que pasan a un segundo plano.

- Se observó una tendencia clara hacia un concepto molar de aprendizaje en el cual no hay un conocimiento detallado de los diferentes procesos que permitan la asimilación. En esta perspectiva los profesores parecen asumir una relación directa e ingenua entre la enseñanza y el aprendizaje, de manera que aquello que es enseñado por los profesores es asimilado o adquirido por los estudiantes sin que medien procesos cognitivo–emocivos que nos permitan conocer a fondo cómo sucede tal asimilación/adquisición.
- Las diferentes expresiones de los profesores sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje, así como las ideas acerca del maestro, el estudiante y, en términos generales, los procesos educativos que se dan en el aula de clase de la enseñanza de las ciencias, esta profundamente influenciados por principios empiristas, pese a los desarrollos teóricos en otras direcciones.
- Se observó el dominio de un modelo comunicativo en el cual la principal función del profesor es “*dar a conocer los contenidos*”. Frente a estos aspectos comunicativos, la presente investigación destacó la importancia del uso de diferentes lenguajes en el contexto del aula de tal manera que nos permitiera tomar distancia ante aquellas perspectivas educativas, en las cuales se considera la función comunicativa del lenguaje como la más importante.
- Los profesores investigadores emplearon un discurso general para hablar de la educación, la enseñanza y aprendizaje sin que, al parecer, muestren un conocimiento profundo y detallado de tales procesos.

#### **Aspectos de orden teórico y metodológico de diseño de las unidades didácticas.**

En lo que concierne a los conceptos de la teoría constructivista que explica como se logra el aprendizaje a partir de la construcción de modelos mentales dinámicos y de procesos de reflexión que permiten comparar las ideas de los estudiantes con los modelos de las teorías científicas, para que éstos seleccionen el modelo que explique satisfactoriamente las expectativas iniciales.

Este panorama holístico de los distintos modelos se logra mediante estrategias de enseñanza materializadas en el diseño de una unidad didáctica cuyos componentes son: ideas previas, epistemología, historia de las ciencias, meta-

cognición, múltiples lenguajes, tecnologías de la información y de la comunicación y evolución conceptual.

Los elementos que conforman el modelo que proponemos en este capítulo de unidad didáctica, permiten planear la enseñanza del conocimiento de la ciencia de una manera flexible y dinámica, hecha por el docente, con base en su saber especializado, más la participación del saber de los estudiantes.

En cuanto a los aspectos metodológicos, el trabajo de grupo de la disciplina permitió asumir la enseñanza desde una perspectiva de cooperación y colaboración en la cuál cada docente participante del proyecto cumplió una función protagónica en distintos momentos.

Desde el punto de vista metodológico, los docentes enfrentaron diferentes obstáculos en la elaboración de la UD:

- Familiarización de los docentes con el computador y los programas de software
- Diseño adecuado de los instrumentos para la exploración de ideas previas y actividades metacognitivas
- Carencia de recursos en las propias instituciones educativas
- Falta de correspondencia entre el tiempo estipulado por las instituciones y el tiempo requerido para implementar la UD en el aula de clase
- Escasa importancia atribuida a otros saberes diferentes de la materia.

Desde esta perspectiva metodológica, y con los obstáculos mencionados, los docentes lograron diseñar e implementar una UD integradora que permitió la apropiación de otros modos de comunicación diferentes de los modos utilizados tradicionalmente (verbal y escrito) tales como: lenguaje gestual, gráfico o pictórico, musical, corporal y los modos propios de las TICs.

Consideramos que la experiencia descrita en este capítulo, facilitó a cada participante (investigadores, docentes, estudiantes) vivenciar una de las tantas propuestas teóricas que existen con relación al desarrollo de UD; una propuesta diseñada de acuerdo con las necesidades del medio, que logra su objetivo gracias a la intervención de cada uno de los factores, tanto internos como externos contemplados en el proyecto.

### **Diseño de las unidades didácticas y los cambios de los estudiantes**

- El trabajo en los diferentes grupos de profesores fue fructífero; se logró la participación de ellos en las diferentes sesiones conceptuales así como en aquellas destinadas a la elaboración de las unidades didácticas con la mediación de tecnologías de la información y la comunicación.
- Los aspectos conceptuales fundamentales en esta investigación: el conocimiento de las ideas previas de los estudiantes, la incorporación de la reflexión metacognitiva en el diseño de las unidades didácticas, la incorporación de aspectos históricos y epistemológicos y la perspectiva evolutiva del aprendizaje asumida en la investigación son difíciles para los profesores. Al parecer son campos conceptuales, aun no incorporados en sus reflexiones y prácticas educativas.
- No obstante haber logrado la elaboración de las unidades didácticas desde la perspectiva multimodal, este ejercicio de investigación debe considerarse exploratorio. Posteriores estudios y esfuerzos deberán enfatizar la apropiación conceptual y metodológica de los profesores. De igual manera, se requieren espacios, tiempo e infraestructura para hacer más viable este tipo de experiencias.
- Es de destacar la actitud positiva y la gran motivación de los estudiantes en el momento de interactuar con las unidades didácticas con la ayuda de la tecnología. No hay duda de la necesidad de continuar con la incorporación de las TICs en los procesos de enseñanza, sin embargo, los espacios y la infraestructura fueron insuficientes para lograr importantes cambios conceptuales entre los estudiantes.

## Referencias

- Abd-el Khalick, F. (2005). *Developing understandings of nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning*. *International Journal of Science Education*, Vol. 27, N° 1, 15-42.
- Aebli, H. (1958). *Una didáctica fundada en la psicología de J. Piaget*. Buenos Aires: Kapeluzs.
- Angel, Facundo (2005). *Tecnologías de información y comunicación y educación superior virtual en Latinoamérica y el Caribe: Evolución, características y Perspectivas*. UNESCO –IESALC– Fundación universitaria Los Libertadores. Bogotá: Talleres Educativos de Colombia. S.A. 2005. 148.
- Annervita, T. and Vauras, M. (2001). Metacognitive knowledge in primary grades: A longitudinal study. *European Journal of Psychology of Education*, Vol. XVI, 257–282.
- Arca, M., Guidoni, P. and Mazzoni, P. (1990). *Enseñar ciencia*. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat.
- Astolfi, J. P. y Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. París: Presses Universitaires de France.
- Astolfi, J.P. (1988). El aprendizaje de los conceptos científicos: Aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 2, 147–155.
- Audesirk, T. y Gerald. (1997). *Historia de la vida en la tierra*. En, Teresa y Gerald editorial Prentice Hall.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. and Hanesian, H. (1989). *Psicología educativa*: Trillas México.
- Bell, R. L. y Lederman, N. G. (2003). Understanding of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87 (3), 352-377.
- Beltrán, N., y González P. (1997). *La formación de conceptos científicos. Una perspectiva desde la teoría de la actividad*. EDUFRN.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445–457.
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In: Weinert, F. E. and Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. Lawrence erlbaum Associates, publishers: London.
- Bruner, J. (1987). *La importancia de la Educación*. Barcelona: Paidós, 1987.
- Cabré, M. T. (2006). *La terminología en la didáctica de las ciencias*. Conferencia Universidad Autónoma de Manizales.

- Cabré, M.Teresa. (2002). Terminología y lingüística: la teoría de las puertas abiertas. En: *Estudios de Lingüística española*, volumen 16.  
<http://elies.rediris.es/elies16/index.html>. Consulta: 26 de febrero de 2007.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. Barcelona: Paidós.
- CAZDEN, C. (1990). El discurso en el aula. En: M. Wittrock: *La investigación de la enseñanza III*, Barcelona: Paidós.
- Caravita, S. and Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89–111.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Carey, S. (1992). The Origin and Evolution of Everyday Concepts. *Cognitive Models of Science*. Universidad de Minnespta Press: Minneapolis.
- Case, J. and Gunstone, R. (2002). Metacognitive development as a shift in approach to learning: an in–depth study. *Studies in Higher Education*, 27, 4.
- Castrillon, J. L.(1992). Factores de transcripción específicos de tejido. *Investigación y Ciencia*, Nro. 186.
- Cavence, W. y White, R. (1995). Bases genéticas del cáncer, *Investigación y Ciencia*, Nro. 224.
- Cazden, C. B. (1990). El discurso en el aula. En: M. Wittrock: *La investigación de la enseñanza III*. Paidós: Barcelona.
- Celada, A. (1996). Factores de transcripción y control de la expresión génica. *Investigación y Ciencia*, N° 179.
- Centeno, J. (1988). *Números decimales*. Síntesis. Madrid.
- Chaigneau, S. E. y Castillo, R. D. (). *Fiabilidad de la entrevista de evaluación metacognitiva*.
- Chalmers, A. F. (1997). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.
- Chamorro M. C., (1991) *El problema de la medida*. Madrid : Síntesis.
- Chevellard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Chevellard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Chi, M. T. Slotta, J. D. and Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27–43.
- Chin, C. and Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 2, 109–138.
- De Grave, W. S. Boshuizen, H. P. A. and Schmidt, H. G. (1996). Problem based learning: Cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instructional Science*, 24, 321–341.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre educación para el siglo XXI. Madrid: Santillana.
- Dicson, L. (1991). El aprendizaje de las matemáticas.
- Driver, R. (1985). *Children's ideas in science: Milton Keynes*. Open University Press.



- Driver, R., Guesne, T., Tiberghien, A. (1989). *Las Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia-Morata.
- Duit, R.; Roth, W.-M.; Komarek, M and Wilbers, T. (1998) Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning in science. *International Journal of Science Education*, 20, 9, 1059–1073.
- Duke, R. C., Ojcius, D. M. y Young, Jd. D. (1997). Suicidio celular en la salud y en la enfermedad. *Investigación y Ciencia*, N° 245.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y Pensamiento Humano*. Editorial Universidad del Valle. Colombia.
- Duval, R. (2006). *Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación*. La Gaceta de la RSME, Vol. 9.1:143–168.
- Edwards, D. and Mercer, N. (1987). *Common knowledge. The development of understanding in the classroom*. London: Routledge.
- Edwards, D. and Potter, J. (1992). *Discursive psychology*. Londres: Sage.
- Ericsson, K. A. and Kintsch, W. (1995). “Long-term working memory” *Psychological Review*, 2, 211–245.
- Everson, H. and Tobias, S. (1998). The ability to estimate knowledge and performance on college. A metacognitive analysis. *Instructional Science*, 26, 65–79.
- Félix, M. A. y Karsenti, E. (1995). La división celular. *Mundo Científico*, vol. 15 N° 154.
- Ferrater Mora (1994). *Diccionario de Filosofía*. Talleres Gráficos Hurope, S.A. España. Primera Edición, Tomo III.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American psychologist*, 34, 906–911.
- Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In: Weinert, F. E. and Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, publishers: London.
- Florez, R. (1994). *Hacia una pedagogía del conocimiento*. Santafé de Bogotá: McGraw Hill.
- Garner, R. (1990). When children and adults do not use learning strategies: towards a theory of setting. *Review of Educational Research*, 60, 517–529.
- Georgiades, P. (2004). From the general to de situated: Three decades of metacognition. *International Journal of Science Education*, 26, 3, 365–383.
- Georgiades, P. (2004). Making pupil’s conceptions of electricity more durable by means of situated metacognition. *International Journal of Science Education*, 26, 3, 85–99.
- Georgiadis, L. and Efklides, A. (2000). The integration of cognitive, metacognitive, and affective factor in elf-regulated learning: The effect of task difficulty. *Psychology*, 7, 1, 1–19.
- Giere, R. (1999). “Using Models to Represent Reality”. En *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, Ed. L. Magnani, N. J. Nersessian, and P. Thagard, 41–57. New York: Kluwer/Plenum, 1999.

- Gil, D y Carrascosa, J. (1990). ¿What to do about science misconceptions? *Science Education*, 74, 4.
- Gil, P. D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 1. pp 26–33.
- Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Learning science through models and modelling. In: B. Fraser and K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. 2, Section 1.4: Learning edited by R. Duit and D. Treagust.
- Giordan, A. and de Vicchi, G. (1995). *Los Orígenes del Saber. De las Concepciones personales a los Conceptos Científicos*. Sevilla: Diada Editores.
- Godino, J. D. y Batanero, C. (1996). *Relaciones dialécticas entre teoría, desarrollo y práctica en educación matemática: Un meta-análisis de tres investigaciones*. En: N. Malara (Ed), An International View of Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline(pp. 13–22). Universidad de Módena.
- Godino, J.D y Batanero, C. (1994) *Significado personal e institucional de los objetos matemáticos en Recherches en Didactiques des Mathématiques*, Vol. 14, n° 3, pp. 325–355.
- Goez, J. P. Y Lecompte, M. D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
- Gortari, Elí de (1970). *El método dialéctico*, México, Editorial Grijalbo.
- Gourgey, A. F. (1998). Metacognition in basic skills instruction. *Instructional Science*, 26, 81–96.
- Guidoni, P. (1991). *Dinàmica del coneixement*. Curs de doctorat: Didàctica de las ciències i de les matemàtiques. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Guidoni, P. (1991). Dinàmica del Coneixement. *Curs de doctorat: Didàctica de les ciències i de les matemàtiques*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Gunstone, R. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of Metacognition. In: Fensham, P., Gunstone, R & White, R. (Eds.) *The content of science*. London: Falmer Press.
- Gunstone, R. F. and Mitchell, I.J. (1998). Metacognition and conceptual change. In: Mintzes, Wandersee and Novak (Eds.). *Teaching Science for Understanding*. Academic press: California.
- Hartman, H. J. (1998). Metacognition in teaching and learning: an introduction. *Instructional Science*, 26, 1–3.
- Hedegaard, M. (1998). Situated learning and cognition: Theoretical learning and cognition. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 114–126.
- Jewitt, C. (2000). Multimodal communication in science classroom. In: *Ensenyar ciències: Construcció de significats i comunicació multimodal*. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Harvard University Press: Cambridge. MA.

- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. M. I. T. Press: Cambridge. MA.
- Kimball, John W. (1982). El origen de la vida. En, John W. Kimball; *Biología*. México: Fondo educativo interamericano S.A, cuarta ed.
- Koch, A. (2001). *Training in metacognition and comprehension of physics text*. 758–768.
- Kress, Gunther. Ogborn, John. Martins, Isabel (1998) “A Satellite View of Language: Some Lessons from Science Classrooms.” *Language Awareness*, v7 n.2 & 3 p69–89 1998.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674–689.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O’Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Academic Press: San Diego. CA.
- Lafortune, L. Et Saint-Pierre, L. (1998). Affectivité et métacognition dan la clase. Des idées et des applications concrète pour l’enseignant. Belgique : Les Editions logiques Lemke, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*.. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. L. (1999). Multiplying meaning: *visual and verbal semiotics in scientific text*. In: JR Martin & R Veel (Eds.), *Reading Science* (Routledge). City University of New York.
- Llinares, S. (2003) *Fracciones, decimales y razón desde la relación parte – todo al razonamiento proporcional en Didáctica de las Matemáticas para primaria*.
- Llinares, S. y Sánchez, Mª V. (1988). *Fracciones*. Madrid: Síntesis.
- López Arroyo, María Belén (2000). *Estudio descriptivo comparado inglés/español de la representación del conocimiento en los abstracts de las Ciencias de la Salud*. Dirigida por la Prof. Dra. Purificación Fernández Nistal. Universidad de Valladolid, Departamento de Lengua y Literatura Inglesa y Alemana.
- Magnusson, S. J., Templin, M, and Boyle, R. A. (1997). Dynamic science assessment: a new approach for investigating conceptual change. *Journal of the Learning Science*, 6, 91–142.
- Manson, L. (1994). Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change by analogy. *Instructional Science*, 22, 3, 157–187.
- Manson, L. and Boscolo, P. (2000). Writing and conceptual change. What change? *Instructional Science*, 28, 199–226.
- Mardones, J. M. (1991). *Filosofía de las ciencias humanas y sociales. Materiales para una fundamentación científica*. Barcelona: Anthropos.
- Márquez, C., Izquierdo, M. And Espinet, M. (2003). *Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua*. Enseñanza de las Ciencias, 21 (3), 371–386.
- Martí, E. (1995). Metacognición: Entre la fascinación y el desencanto. *Infancia y Aprendizaje*, 72, 9–32.
- Martí, E. (1999). Metacognición y estrategias de aprendizaje. En: Pozo, J. I. y Monereo, C. *El aprendizaje estratégico*. Aula XXI–Santillana.

- Martí, E. y Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: La adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11–30.
- Martínez, P. (2001). Discurso Inaugural Cátedra ICFES “Agustín Nieto Caballero”. Programa Nacional de Formación de Profesores de la Educación Superior. Santafé de Bogotá.
- Martínez, T. S. F. (1998). *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas*. Tesis Doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.
- Martins, I. (2000). Onda ou partícula: Argumentação e retórica na aprendizagem da natureza da luz. VII Encontro de pesquisa em Ensino da Física, Florianópolis, SC, Brasil.
- Martins, I. (2001). Anàlisi retòrica i recerca en educació científica. *Seminario de reserva*. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- Mateos, Mar (2001). *Metacognición y educación*. AIQUE. Grupo editor. Argentina.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26, 49–63.
- McComas, W. (1998). The role and Character of the Nature of science in Science. In: The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. McComas, W. F. (Ed). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Méndez, J, M. Las matemáticas su historia, evolución y aplicaciones. Lección Inaugural del curso académico 2003 – 2004.
- Meyer, D. K. and Turner, J. C. (2002). Using instructional discourse analysis to study the scaffolding of student Self-regulation. *Educational Psychologist*, 37,1, 17–25.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science education is really for. In: J. Wellington (Ed): *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 16–31). Routledge: London.
- Mockus, A. (1989). Formación básica y actitud científica. En: *Educación y Cultura*, 17.
- Monereo, C. (1990). La estrategia de aprendizaje en la educación formal: Enseñar a pensar y sobre pensar. *Infancia y aprendizaje*, 50, 3–5.
- Monereo, C. (2003). La evaluación del conocimiento estratégico a través de tarea auténticas.
- Monereo, C. (fecha) Estrategia para autorregular el esfuerzo en el aprendizaje. Contra el culturismo del esfuerzo. *Aula de innovación educativa*, nº 120, pp. 44–47.
- Monereo, C. y Pozo, J. I. Aprender a aprender: Una demanda de la educación del siglo XXI.
- Mortimer, E. F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from the theory of matter. *International Journal of Science education*, 20, 1, 67–82.
- Moulines, C. U. (1982). *Exploraciones metafísicas*. Madrid: Alianza editorial.
- Moyzis, R. (1991). El telómero humano, *Investigación y Ciencia*, Nro. 181.
- Murria, A. W. y Kirschner, M. W. (1991). Control del ciclo celular, *Investigación y Ciencia*, N° 176.

- Nason, Alvin. (1985). "Origen y evolución de la vida". En, Alvin Nason; *Biología*. México D.F: Editorial Limusa.
- Navarro, Luisa Fernanda (2006). *Sistema de Información para el Proyecto la Clase Multimodal y la Formación y Evolución de Conceptos Científicos*. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Sistemas. Universidad Autónoma de Manizales.
- Nersessian, N. (1992). How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: Giere, R. (Ed.) *Cognitive models in science*. (pp 3–44). University of Minnesota Press: Menneapolis.
- Niedderer, H. And Schecker, H. (1992) *Towards an explicit description of cognitive system for research in physics learning*. Institute of physics education. University of Bremen.
- Not, L. (1994). *Las pedagogías del conocimiento*. México: FCE.
- O'Loughlin, M. (1992). Rethinking science education: beyond Piagetian constructivism towards a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 791–820.
- Obando G., (2007) *Lo ostensivo y lo no ostensivo en la constitución de objetos matemáticos*. Documento presentado en el curso doctoral virtual sobre teoría de la Educación Matemática. Medio electrónico.
- Osborne, J. (2000). *Assesing metacognition in the classroom: The assessment of cognition monitoring effectiveness*. [josborne@ou.edu](mailto:josborne@ou.edu).
- Perucho, M. (1998). Cáncer del fenotipo mutador de microsatélites, *Investigación y Ciencia*, Nro. 261.
- Pfundt, H. and Duit, R. (1991). *Bibliography students' alternative frameworks and science education*. Institute for science education. 3° Ed. IPN: Kiel.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 6, 167–199.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. And Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 6, 167–199.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. And Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 2, 211–227.
- Pozo, J. I. Y Gómez C. M. A. (1998). *Aprender a enseñar ciencia*. Morata: Madrid.
- Pozo, J. I., Gómez, C. M., Limón, M. y Sanz, S. A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. C.I.D.E: Madrid.
- Quiceno, H. Giraldo, A. Rivero, M. (2004). *Proyecto Educativo del Programa (PEP) de Ingeniería de Sistema de la UAM*. Documento de circulación interna. [No publicado].
- Quiceno, Herminia (2006) *La metacognición y la educación apoyada por tecnologías de información y comunicación*. En: XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería (ACOFI). Cartagena de Indias, Colombia. Septiembre 20 – 22.

- Reed, J-L., Schallert, D. and Deithloff, L. (2002). *Investigating the interface between Self-regulation and involvement processes*. *Educational Psychologist*, 37,1, 53–57.
- Rickey, D. & Stacy, M. A. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77, 7,915–919.
- Rico, L. (1997). *La educación matemática en la enseñanza secundaria*. Barcelona, Horsori.
- Rico, L., Castro E., Romero I., (1997). *Sistemas de representación y aprendizaje de estructuras numéricas*. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada. España.
- Riviere, A. (1986). *Razonamiento y representación*. Siglo XXI: España.
- Romero, F. et al (2002) *Habilidades metacognitivas y entorno educativo*. Universidad Tecnológica de Pereira – Colombia, Facultad de Ciencias de la Educación. Pereira: Papiro, 2002.
- Ruiz Higuera M. L., (2003) *La construcción del número natural y la numeración en Didáctica de la Matemática para primaria*. CHAMORRO M. C. España. Pearson Prentice Hall. P. 93 – 129.
- Sager, J.C. et al. (1980), *English Special Languages*, Wiesbaden: Branstetter Verlag.
- Sánchez Blanco, G & Valcárcel Pérez, M.V. (1993) Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales; en: *Enseñanza de las ciencias*, 11 (1), Institut de Ciències de l' Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona – Vice-rectorat d' Investigació de la Universitat de València, 33–44.
- Sanmartí, N & Jorba, J. (1996). *Importancia del lenguaje en la evaluación del proceso de construcción de los conocimientos científicos*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sanmartí, N. (1995). El aprendizaje de actitudes y de comportamientos en relación a la educación ambiental. Reflexiones desde el área científica. En: Unño, T. y Martínez, K (Eds.). *Educar a favor del medio*. Bilbao. U. P. V. Pp. 163–181.
- Sanmartí, N. (2000) “El diseño de unidades didácticas”. En: Perales, F.J. et al (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil. 239–266.
- Sanmartí, N., Jorba, J. Y Ibañez, V. (1997). Aprender a regularse y a autorregularse. En: *Seminario UAM/UAB*. Madrid.
- Schnotz, W. and Preuß, A. (1997). Task-dependent Construction of Mental Models as a Basic for Conceptual Change. *European Journal of Psychology Education*, 12, 2. 185–211.
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26, 113–125.
- Schunk, D. H. & Zimmermann, B. J. (1994). *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications*. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- Scott, H. (2000). Teacher talk and meaning-making in science classroom. In: *Ensenyar ciències: Construcció de significats i comunicació multimodal*. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- Siegler, R. J. (1995). How does Change Occur: A Microgenetic Study os Numbre Conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225–273.

- Smail, Ait-el-hadj. (1989). *Gestión de la Tecnología: la empresa ante la mutación tecnológica*. Addison Wesley.
- Soto, C. A. (2002). Metacognición. *Cambio conceptual y enseñanza de la ciencias*. Bogotá: Magisterio.
- Sternberg, J. R. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise: what makes an expert student? *Instructional science*, 26, 127–139.
- Strike, K. and Posner, G. L. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In. Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds.) *Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice*. Sumy Press: New York.
- Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. In: Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 27–38.
- Tamayo A. O. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Trabajo de investigación para optar al título de Doctor. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tamayo A., O. E. (1993). *Aprendizaje y Currículo*. Universidad Autónoma de Manizales. Documento no publicado.
- Tamayo et Al (2006). “La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos mediante el uso de las tecnologías de información y comunicación”. En: *VIII Congreso de Informática Educativa*, Julio 12–14, Cali–Colombia.
- Tamayo, A. O. E. (2003). *Enseñanza de las ciencias: aspectos epistemológicos, pedagógicos y curriculares*. Módulo. Maestría en Educación y Desarrollo Humano. Cinde–Universidad de Manizales.
- Tamayo, A. O. E. (2005). *Caracterización general de la didáctica de las ciencias*. Módulo Maestría en Educación y Desarrollo Humano. Cinde–Universidad de Manizales.
- Tamayo, O. y Orrego, M. (2005). “Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias”. En: *Educación y Pedagogía*, Universidad de Antioquia, Vol. XVII.
- Tobias, s. and Everson, H. (2002). Knowing hat you know and hat you don’t: Further research on metacognitive knowledge monitoring. *College entrance examination board*, New York, 2002.
- Toulmun, S. (1977). *La racionalidad humana. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza: Madrid.
- Tyson, L. M.; Venville, G. J.; Harrison, G. and Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387–404.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students’ conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal Science Education*, 22, 5, 447–467.
- Van Dijk, T. A. (Comp.). (1989) *Handbook of discourse analysis*. Londres: Academic press.

- Vasco, C. E. (1994). *El Archipiélago Fraccionario. Un nuevo enfoque para la Didáctica de las Matemáticas*. Tomo II. Serie Pedagogía y Currículo. Ministerio de Educación Nacional. p. 23 – 47.
- Vasco, C. E. (2001). *Pedagogías para la comprensión de las disciplinas académicas*. Conferencia Inaugural Cátedra ICFES “Agustín Nieto Caballero”. Programa Nacional de Formación de Profesores de la Educación Superior. Santafé de Bogotá.
- Venville, G. J. And Treagust, D. F. (1998) Exploring conceptual change in genetics using multidimensional interpretative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 9, 1031–1055.
- Vienot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Herman Cop.
- Villee, Claude A. (1981). *Biología*. México: Nueva editorial Interamericana S.A. de CV, séptima ed, pp. 8 – 9 – 10 – 11.
- von Aufschnaiter, S. and Niedderer, H. (1998). *Learning process studies in physics. Two methods for analysing transcripts of videotapes*. 4<sup>th</sup> ESERA Summerschool. Paris.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45–69.
- Vygotski, L. S. (1989). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Grijalbo.
- Vygotski, L. S. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Weinberg, R. A. (1996). Así se produce el cáncer. *Investigación y Ciencia*, Nro. 242.
- White, R. T. and Mitchell, I. J. (1994) Metacognition and the quality of learning. *Studies in Science Education*, 23, 21–37.
- White, R.T. (1994). Dimensions of Content. In: Fenshman P., Gunstone, R. and White, R. (Eds.). *The Content of Science*. The Palmer Press: London.
- Wolters, C. & Pintrich, P. (1998). Contextual differences in student motivation and self-regulated learning in mathematics, English, and social studies classroom. *Instructional Science*, 26, 27–47.

## Otras Referencias

- <http://www.fquim.unam.mx/sitio/edquim/153/153-bel.pdf>
- <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v23n3p419.pdf>
- <http://www.rieoci.org/deloslectores/756Aramburu.pdf>
- <http://www.oposicionesmaestros.com/biblio/docueduc/EL%20CONSTRUCTIVISMO.pdf>
- <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero3/Art2.pdf>
- [http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/puertociencia/documentos/fisicaem/TA\\_Pozo-y-otros\\_Unidad\\_3.pdf](http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/puertociencia/documentos/fisicaem/TA_Pozo-y-otros_Unidad_3.pdf)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>
- <http://www.arrakis.es/~lluengo/origencilula.html>



## Imágenes

[http://biology.clc.uc.edu/Fankhauser/Cheese/MLK\\_FERM99.HTM](http://biology.clc.uc.edu/Fankhauser/Cheese/MLK_FERM99.HTM)

[http://www.micronauts.ch/bacteria/Micronauts\\_Gallery\\_Bacteria\\_2.htm](http://www.micronauts.ch/bacteria/Micronauts_Gallery_Bacteria_2.htm)

Imagen: Bacterias. [Sitio en Internet], Disponible en:

<http://www.joseacortes.com/galeriaimag/microorganismos/index.htm#bacterias>

Imagen: Creación de Adán. [Sitio en Internet], Disponible en:  
[http://www.culturageneral.net/pintura/cuadros/creacion\\_de\\_adan.htm](http://www.culturageneral.net/pintura/cuadros/creacion_de_adan.htm)

Imagen: galaxia.[Sitio en Internet], Disponible en:

<http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=1445>.

Imagen: generación espontánea. [Sitio en Internet], Disponible en: [http://tilde-thahn.web.cern.ch/~thahn/html/animation/struc\\_ev.gif](http://tilde-thahn.web.cern.ch/~thahn/html/animation/struc_ev.gif)

Imágenes de la creación.Miguel Angel. 1510.[Sitio en Internet], Disponible en:  
[http://www.existedios.com/GratisDibujosSimbolosReligiososCatolicosCristianosBiblicos/GaleriaDibujosAmigosCristianosyCatolicos\\_Clipart/ThumbsGaleriaAmigosCristianos.htm#CreacionesDelDiosGenesis](http://www.existedios.com/GratisDibujosSimbolosReligiososCatolicosCristianosBiblicos/GaleriaDibujosAmigosCristianosyCatolicos_Clipart/ThumbsGaleriaAmigosCristianos.htm#CreacionesDelDiosGenesis)

Imágenes: Bacteria de yogurt. Sitio en Internet], Disponible en: [biology.clc.uc.edu/Fankhauser/Cheese/Cheese.html](http://biology.clc.uc.edu/Fankhauser/Cheese/Cheese.html)

Imágenes: Cloroplastos. Sitio en Internet], Disponible en:

[www.planetarios.com/plantas/cloroplastos.jpg](http://www.planetarios.com/plantas/cloroplastos.jpg)

[linux.ajusco.upn.mx/fotosintesis/cloroplasto.html](http://linux.ajusco.upn.mx/fotosintesis/cloroplasto.html)

## Música

Creación: Yanni – On sacred ground

Migración: Vangelis–Creation du monde

India: Música de la película monsoon wedding (La boda del monson)

Babilonia: Boney M – River on babylon

## Animaciones

Animaciones de la generación espontánea. Sitio en Internet], Disponible en:  
<http://www.elbebe.com/index.php/es/multimedia/animaciones#>

Animación de la colonización. Sitio en Internet], Disponible en:  
<http://www.puroveinte.com/Recurpurov/12deoctubre/12deoctubre.html>

Animación de los volcanes. Sitio en Internet], Disponible en:

<http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-73486.html>

Animación: Partes de una célula. Sitio en Internet], Disponible en:  
<http://www.johnkyrk.com/CellIndex.html>

Otras animaciones. Sitio en Internet], Disponible en: <http://www.biologia.edu.ar>