

**APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA SEDIMENTOLOGÍA Y LA  
ESTRATIGRAFIA EN LA UIS**

**MARCO IDELFONSO ALVAREZ BASTOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE HUMANIDADES  
CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA DOCENCIA EN LA UIS  
CEDEDUIS  
BUCARAMANGA  
2004**

**APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA SEDIMENTOLOGÍA Y LA  
ESTRATIGRAFIA EN LA UIS**

**MARCO IDELFONSO ALVAREZ BASTOS**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de  
Especialista en Docencia Universitaria**

**Directora**

**MARTA ILCE PÉREZ ANGULO**

**Magíster en Pedagogía**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE HUMANIDADES  
CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA DOCENCIA EN LA UIS  
CEDEDUIS  
BUCARAMANGA  
2004**

Un día observe un ave enjaulada  
Parecía sentirse feliz, pues su amo alimento le daba  
Detecte su mirada en el infinito  
Volando en nuevos aires y realizándose así misma, esta se imaginaba  
Un fuerte ventarrón sacudió, la débil jaula que la limitaba  
Aturdida el ave, detectó la jaula desquebrajada  
Con decisión, busco como escapar...  
A veces veo esa ave regresar, de vueltas al mundo que suela dar  
Engalanada, feliz y con total libertad.

Marco I. Alvarez Bastos

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco al creador por hacer posible lo que vivo, a mi Edita y Carlos Arturo por existir, a mis hermanas y hermanos por su apoyo siempre, a mis sobrinas y sobrinos por su ternura, a mi familia toda por serlo y a ti por mostrarme nuevas formas de vivir.

Expreso mis agradecimientos a todo el profesorado del CEDEUIS responsable por el proceso de sensibilización al quehacer docente, el cual empieza a manifestarse con esta propuesta. En especial, agradezco la oportuna y eficiente supervisión de Martha Ilce Pérez Angulo, sin su esfuerzo, interés, aportes y paciencia este escrito no existiría aun. Agradezco a los auxiliares del CEDEUIS por su continuo apoyo. Finalmente, a mis compañeros de las cohortes 17 y 18, por compartir sus experiencias docentes y hacer superplacenteros los fines de semana de este año de enriquecimiento docente que culmina.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	11
CAPITULO I	13
1.1 INTRODUCCIÓN	13
1.2 PROBLEMÁTICA DEL APRENDIZAJE EN ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA	13
1.3 ASPECTOS FILOSÓFICOS DE LA GEOLOGÍA COMO CIENCIA EMPÍRICA: NATURAL E HISTÓRICA	20
CAPITULO 2	26
2.1 INTRODUCCIÓN	26
2.2 CONCEPCIONES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE CIENCIA Y APRENDIZAJE	26
2.2.1 Concepciones epistemológicas sobre ciencia de los alumnos	27
2.2.2 Concepciones epistemológicas sobre el aprendizaje de los alumnos	29
2.2.3 Interacción de las concepciones epistemológicas de los alumnos y los profesores	33
2.2.4 Influencia de las concepciones epistemológicas de los alumnos en sus estrategias de aprendizaje	35
2.2.5 Pautas de razonamiento inadecuadas utilizadas por alumnos	37
2.3 TEORÍA DEL APRENDIZAJE DE PIAGET	42
2.3.1 Teoría de Piaget del desarrollo cognitivo y su utilidad en la docencia	44
2.3.2 Implicaciones de la teoría de Piaget para la enseñanza de las ciencias	48
2.4 TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	49

2.4.1 El proceso de aprendizaje significativo	50
2.4.3 Crítica a la teoría de Ausubel	53
CAPITULO 3	56
3.1 INTRODUCCIÓN	56
3.2 ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	57
3.2.1 Definición de Estrategia	57
3.2.2 Tipos de Estrategias	59
3.2.3 Estrategias de Enseñanza	59
3.2.4 Estrategias de Aprendizaje	64
3.3 LA METACOGNICIÓN COMO FACTOR FAVORECEDOR DEL APRENDIZAJE	66
3.3.1 La metacognición y el control de la propia comprensión	66
3.3.2 Estrategias metacognitivas	68
3.3.3 Estrategia metacognitiva de control de la comprensión en el aprendizaje de las ciencias	68
3.3.4 Paralelismo entre las estrategias científicas y las estrategias metacognitivas	69
3.3.5 Control de la comprensión de los alumnos	70
3.4 USO DE LIBROS DE TEXTO PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE CIENCIAS	77
3.4.1 Uso eficiente de libros de texto de ciencias	77
3.5 ANÁLISIS DE EXPERIENCIAS Y CONTRASTACIÓN MEDIANTE PREDICCIONES: ACTIVIDADES PREDECIR-OBSERVAR-EXPLICAR (POE)	89
3.5.1 Actividades predecir-observar-explicar aplicadas a las prácticas de campo (Curso de campo I)	90
3.6 DISEÑO DE UNIDADES DIDÁCTICAS O CURSOS EN ESTRATIGRAFÍA	95
CONCLUSIONES	121
REFERENCIAS	123

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Clasificación de las Estrategias de Enseñanza	60
Cuadro 2. Clasificación de estrategias de enseñanza basada en procesos cognitivos.	62
Cuadro 3. Clasificación de las Estrategias de Enseñanza	63
Cuadro 4. Clasificación de las Estrategias de Aprendizaje	66

**TITULO                        APRENDIZAJE                        SIGNIFICATIVO                        DE                        LA  
SEDIMENTOLOGÍA Y LA ESTRATIGRAFIA EN LA UIS\***

**AUTOR                                MARCO IDELFONSO ALVAREZ BASTOS\*\***

**CONCEPTOS CLAVES: APRENDIZAJE                        SIGNIFICATIVO,                        ENSEÑANZA,  
ESTRATEGIAS, TEORÍAS, ESTRATIGRAFÍA.**

El presente trabajo revisa teóricamente y propone estrategias de enseñanza y aprendizaje prácticas, que ayuden a potencializar un aprendizaje real en los alumnos de estratigrafía y sedimentología de la carrera de geología de la UIS. La propuesta de estrategias de enseñanza y aprendizaje como el uso eficiente de libros textos, la metacognición, los análisis de experiencias y contrastación mediante predicciones: actividades predecir-observar-explicar (POE) y el diseño de unidades didácticas o cursos tienen como propósito último sentar las bases que posibiliten hacer un posterior seguimiento a los cambios actitudinales y procedimentales que se generen en los estudiantes de las asignaturas mencionadas.

El conocimiento de un marco teórico el cual explicita conceptos claves sobre pedagogía y didáctica asociado a la enseñanza de las ciencias permite comprender la influencia de las concepciones epistemológicas y las pautas de razonamiento en el proceso enseñanza y aprendizaje. Los postulados de la teoría de aprendizaje de Piaget, incluso sus aportes sobre los estadios de desarrollo cognitivo y las tesis que fundamentan la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel son tratados para dar sustento a las de estrategias de enseñanza y aprendizaje propuestas.

El carácter de la geología como ciencia empírica: natural e histórica, requiere que los docentes reconozcan la importancia de formar a los estudiantes de geología en un contexto científico. Para lograr lo anterior, los docentes deben emplear estrategias de enseñanza y aprendizaje que medien y estimulen el desarrollo de geólogos autónomos y estratégicos capaces de autorregular y potenciar su aprendizaje.

---

\* Monografía

\*\* Cededuis. Especialización en Docencia Universitaria, Constanza Villamizar



**TITLE : SIGNIFICANT LEARNING OF SEDIMENTOLOGY AND STRATIGRAPHY AT UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)\***

**AUTHOR: MARCO IDELFONSO ALVAREZ BASTOS\*\***

**MAIN CONCEPTS: SIGNIFICANT LEARNING, TEACHING, STRATEGIES, THEORIES, STRATIGRAPHY,**

This study is a theoretical review and proposal of teaching and learning strategies. They are aimed to contribute and improve a true learning in students of courses on stratigraphy and sedimentology at the department of geology of the Universidad Industrial de Santander (UIS). Teaching and learning strategies such as using text books, metacognition, predicting–observing–explaining activities (POE) and didactic units and courses design have as a the ultimate goal to be the basis for conducting a following attitudinal and procedural changes achieved by the students of the courses mentioned above.

Having a theoretical background that explains key concepts about pedagogy and didactics on science teaching allow us to understand how epistemologic concepts and ways of reasoning have to do with learning and teaching processes. Postulates of Piagets’s theory, his contributions on the stages of the cognitive development and thesis that support Ausubel’s theory of Significant Learning are developed here in order to support the proposed teaching and learning strategies.

Geology’s character as an empiric, natural and historic science implies teachers to recognize the importance of educating students in a scientific context. In order to achieve this, teachers have to use teaching and learning strategies to mediate, and stimulate the development of autonomous and strategic geologists that are able to regulate and promote their own learning.

---

\* Monography

\*\* Cededuis. Especialización en Docencia Universitaria, Constanza Villamizar

## INTRODUCCION

La presente monografía pretende aplicar conceptos de enseñanza y aprendizaje al planteamiento de estrategias para incentivar y lograr un aprendizaje significativo en alumnos de geología de los cursos de estratigrafía y sedimentología en la UIS.

A partir de conceptos básicos sobre la filosofía de la geología como ciencia histórica y las teorías de aprendizaje y con la inquietud básica de ¿cómo se aprende a aprender?, se pretende lograr un bagaje técnico que permita no solo esclarecer conceptos básicos en torno al aprendizaje sino llevar estos conceptos desde el punto de vista pedagógico a un nivel práctico y en un contexto científico tanto en el laboratorio – aula como en las prácticas de campo que realizan los alumnos de las asignaturas arriba mencionadas. En el Capítulo 1 se presenta una discusión en torno a las preguntas ¿Cómo se caracteriza la Geología como disciplina científica y su propio quehacer?. Esta temática es seguida por la discusión sobre las preguntas ¿Cómo aprender a aprender y como se impide el aprendizaje?, las cuales son presentadas en el capítulo 2.

Metodológicamente, esta monografía tiene como objetivo fundamental proponer estrategias que propicien y eventualmente posibiliten lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes en ciencia, y específicamente en geología. Estas estrategias no solo van dirigidas al estudiante sino a la pareja docente-alumno quienes son los verdaderos protagonistas de un cambio en actitud que es el que eventualmente propicia un “verdadero” aprendizaje. En el capítulo 3 se discute en torno a la pregunta ¿Cómo implementar estrategias de enseñanza y aprendizaje para favorecer un aprendizaje significativo en Sedimentología o Estratigrafía?.

Finalmente, la realización de este estudio posibilita tanto a estudiantes como a docentes de las asignaturas arriba mencionadas tener un marco de referencia teórico -práctico en el área de geología que ejemplifique estrategias a seguir para mejorar la manera de diseñar, enseñar y aprender en cursos teórico -prácticos de geología y un bagaje teórico que permita en un futuro reducir los niveles de fracaso académico y frustración profesional tanto en los actuales estudiantes de geología de la UIS como en los futuros geólogos.

**CAPITULO I**  
**CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS**  
**ASIGNATURAS DE ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA Y LA**  
**RELACIÓN CON LA FORMACIÓN CIENTÍFICA DE LOS**  
**PROFESIONALES EN GEOCIENCIAS**

**1.1 INTRODUCCIÓN**

El diario quehacer del docente universitario le permite y exige reconocer las dificultades que tienen los estudiantes para aprender, los profesores para enseñar y la necesidad de controlar y superar estas situaciones. Reconocer, humildemente, que un título de doctorado en cualquiera de las áreas de la ciencia y la tecnología no "homologa" el conocimiento pedagógico necesario para ejecutar una labor docente apropiada, es el primer paso a dar para contribuir a proceso enseñanza aprendizaje veraz y eficiente. Una vez el doctor en la materia es sensibilizado por la realidad pedagógica se generan cambios actitudinales y procedimentales que tienen un impacto directo en la manera de enseñar a aprender, a hacer y a ser. Este capítulo nos ofrece aspectos que permiten caracterizar la problemática de aprendizaje en cursos de geociencias en particular y la necesidad de contextualizar toda clase de conocimientos y de propender para que los estudiantes entiendan claramente la razón de ser de su estudio y las posibilidades y realidades que este saber integral tiene para su vida presente y futura.

**1.2 PROBLEMÁTICA DEL APRENDIZAJE EN ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA**

Desde mis tiempos como estudiante de pregrado he observado y experimentado la carencia de aprendizaje significativo en asignaturas

teóricas en la carrera de Geología. Pero aun más interesante es encontrar que esta falencia es claramente reconocida en materias teórico-prácticas. Al llegar a niveles avanzados, quinto o sexto semestre, asignaturas como Sedimentología y Estratigrafía, en la mayoría de las ocasiones, tienden a ser estudiadas mecánicamente y por ende “aprendidas” de una manera poco significativa. Lo anterior contrasta claramente con los requerimientos que Ausubel y otros suponen para alcanzar un aprendizaje significativo.

En este contexto, conceptos científicos “nuevos” y gradualmente mas complejos tienden a ser pobremente asimilados, pues no son relacionados con organizadores previos. Así mismo, la tendencia a utilizar memoria visual “fotográfica” y nemotecnias mecánicamente, es una de las pocas alternativas que el estudiante tiene para enfrentar el reto de “aprobar” los cursos arriba mencionados. Es indudable pues, que este hecho repercute en un pobre desempeño cuando llega el momento critico de usar o aplicar los conceptos estudiados y supuestamente asimilados o “aprendidos” en situaciones como el proyecto de grado, las pasantías y aun peor en su misma vida profesional.

En general, se podría inferir que los conceptos teóricos son ubicados o incorporados tangencialmente a la estructura cognoscitiva de los futuros científicos profesionales. Consecuentemente, estos conceptos son potencialmente accesados, si es que realmente lo son, de un modo muy precario. Por ejemplo y comparativamente hablando, si un cable auxiliar que conduce electricidad esta pobremente empalmado a otro principal, el cual tiene la misión de encender un bombillo, como resultado se observaría un encendido intermitente del bombillo, éste se fundiría o simplemente no encendería. El ejemplo anterior ejemplifica el por qué en muchas situaciones no se hacen verdaderas conexiones entre los conceptos o nociones teóricas y las labores prácticas, ya sea en la vida cotidiana o en la práctica profesional.

La anterior problemática, tiene un trasfondo filosófico. La actitud hacia el aprendizaje significativo requiere de la disposición (Ausubel, 1983) y del sentido que se le haya a lo que se esta haciendo. Con esto quiero decir que si un científico se esta formando y no es conciente que se esta formando como científico, sus concepciones epistemológicas podrían ser erróneas (Campanario, 2004). En este contexto, el estudiante no concibe el objeto de estudio de su disciplina, no ha reflexionado sobre la razón de ser de la disciplina científica y la filosofía básica de la misma no esta aprendiendo en su magnitud real lo que podría aprender.

A raíz de problemática arriba mencionada, he caracterizado la importancia de estudiar y proponer la manera de implementar el aprendizaje significativo, en un contexto científico, en las áreas de Sedimentología y Estratigrafía. Partiendo del hecho que en el momento llevo a cabo actividad docente en la Escuela de Geología de la UIS y con el antecedente de haber realizado estudios avanzados en las disciplinas ya mencionadas, creo relevante aportar mediante este trabajo a desmitificar la idea, un tanto generalizada, que los buenos investigadores en un área están condenados a ser malos docentes y viceversa. Hacia un futuro, este estudio ayudaría a alcanzar niveles de desempeño optimo en los geólogos egresados de la UIS no solo en Sedimentología/ Estratigrafía sino por comparación en otras disciplinas, los cuales les permitan ser reconocidos y apetecidos a nivel nacional e internacional tanto por la industria como por la comunidad científica.

Durante el estado inicial de esta búsqueda por aprendizaje en Sedimentología/ Estratigrafía en la UIS, se ha podido caracterizar inseguridad generalizada en el estudiante o profesional, a veces ansiedad, ante el reto de describir técnicamente rasgos texturales, composicionales y estructurales de rocas sedimentarias individuales o grupos de rocas asociadas en secuencias verticales de facies. En otras palabras, hay

ansiedad ante el reto de describir características observadas en un objeto y ser capaz de reconocer aspectos teóricos, previamente vistos, en la práctica. Estas actitudes evidencian pautas de razonamiento inadecuadas de los sujetos (Campanario, 2004) y son aún más dramáticas cuando al alumno o al profesional se le requiere que agrupe objetos de manera sistematizada en búsqueda de patrones y que interprete la razón de la existencia del patrón.

Los comportamientos arriba mencionados se manifiestan en continuas quejas del estudiante en el ámbito personal o grupal. Las quejas se generalizan argumentando que el profesor de turno no cubrió determinados temas, no enseñó a describir o mucho menos a interpretar. Las quejas pasan a los hechos y pueden ser observados en actitudes desorientadas del estudiante ante la asignación de trabajos prácticos, en el laboratorio o en el terreno y en la actitud misma que toman los estudiantes al momento de “pretender” trabajar en las prácticas de campo. El estudiante luce desorientado, desordenado, descompuesto, muchas veces apático a las instrucciones dadas por el docente. No hay organización en sus apuntes de campo o en la colección y sistematización de observaciones y mucho menos representatividad en el contenido de los mismos. Adicionalmente, el estudiante no sabe que esquemas o herramientas de ayuda visual utilizar, no genera preguntas acerca de lo que observa, no es capaz de agrupar o sintetizar lo observado en párrafos coherentes y como si fuera poco carece de la capacidad de asociar figuras, imágenes o diagramas típicos básicos de las asignaturas a los patrones observados en la vida real. La teoría del desarrollo cognitivo (Piaget, 1959) provee la base teórica para evaluar estos hechos.

Obviamente, lo anteriormente mencionado no desaparece con la finalización “exitosa” de la materia o la posterior graduación del estudiante. Serias secuelas quedan en el individuo como consecuencia de experiencias

académicas traumáticas. Como resultado de estas, es evidente la falta de interés en los estudiantes por realizar trabajos relacionados con Sedimentología o Estratigrafía. Además, sentimientos negativos son más patentes a la hora de elegir estudios de postgrado o de desempeñarse profesionalmente en estas áreas. Estas tendencias pueden ser comparadas con la población de geólogos en ejercicio de su profesión, en donde hay una gran minoría de sedimentólogos o estratígrafos con relación a otros profesionales de la geología. Esta tendencia es corroborada por el hecho que las empresas pueden durar varios años buscando profesionales especialistas en estas áreas.

Una mirada retrospectiva a la serie de “indicadores” de fracaso, permite orientar la búsqueda de razones por las cuales el fracaso es patente tanto en el pobre desempeño de alumnos como de muchos profesionales en las disciplinas mencionadas. En primer lugar y sin pretender un orden estricto de importancia, el alumno carece de esquemas de conocimiento apropiados que propicien la asociación de nuevos términos y conceptos con los que se habían adquirido previamente (Ausubel, 1983; Piaget, 1959). Por ejemplo, el estudiante de geología no tiene un contexto claro que su programa de estudio es una ciencia por excelencia y en el común de los casos no conoce la razón de ser, ni que persigue la geología como ciencia, mucho menos las disciplinas que la conforman. En el peor de los casos los cursos de geología básica no impactaron positivamente en los alumnos, por lo cual muchos conceptos fundamentales quedaron a nivel de una memoria a corto plazo y fueron “dejados al olvido” al menos un año atrás. Como consecuencia de experiencias negativas o precarios niveles de asociación ante las nociones fundamentales de Estratigrafía o Sedimentología, los alumnos pueden concebir la signatura como estéril y poco práctica o interesante para su desempeño profesional futuro. Por ende, el estudiante enfrenta los nuevos cursos con poco nivel de motivación.



Siguiendo con la causalidad referente al estudiante, este no parece ser conciente de la necesidad que tiene de hacer que su aprendizaje sea significativo, lo cual contrasta con lo sugerido por Ausubel, (1983). Adicionalmente, el individuo mismo debe adoptar una actitud no preconcebida y una actitud crítica e interesada para agregar los nuevos conceptos no solamente a su estructura cognoscitiva sino estar dispuesto a fortalecer y rellenar vacíos de conocimiento para así lograr progresar positivamente en la adquisición y el fortalecimiento de nuevos conceptos (Ausubel, 1983). En el capítulo 2 se discutirá en torno a la pregunta ¿Como la Teoría de aprendizaje significativo de AUSUBEL ayuda a entender el proceso de aprendizaje y que deficiencias posee?.

Pasando a las causas de la problemática discutida asociadas con la actividad docente podríamos mencionar los siguientes aspectos. El profesor que dicta la asignatura en muchas ocasiones no tiene experiencia práctica en estos campos de estudio. Esto puede repercutir en que el docente sea demasiado teórico y no este en la capacidad de establecer una conexión evidente entre teoría y la practica a la hora de instruir y guiar el proceso formación y estructuración de conceptos (Campanario, 2004). Como consecuencia de lo anterior, el docente generalmente no esta enterado o no tiene acceso a realizar o mostrar trabajos experimentales que permitan visualizar los conceptos teóricos. Adicionalmente, el docente puede desconocer métodos de análisis que permitan describir, agrupar y la posibilidad de reconocer patrones para así interpretar y sintetizar eficientemente los rasgos observados. Por ejemplo, grupos de litologías, estructuras sedimentarias y contenido fósil son combinados en facies, las cuales a su vez son organizadas en un contexto de cambios en las sucesiones verticales de facies para así identificar patrones de estacado que permiten interpretar tendencias en las condiciones de Acomodación/ Suministro de Sedimento (A/S) asociadas a cambios de nivel base. Agregado a lo anterior, se debe

mencionar la falta de capacitación de los docentes en didáctica de las ciencias y en general en pedagogía, lo cual obstaculiza seriamente cualquier intento de mejora del proceso enseñanza\_aprendizaje.

Finalmente, el aprendizaje "real" es impedido por causas como: el uso de muestras para realizar laboratorios las cuales están fuera de un contexto espacio-temporal en que se encuentra el estudiante y que se constituye en un aspecto necesario para la comprensión amplia de conceptos; el uso de lenguaje especializado de términos foráneos los cuales no tienen un significado directo en el idioma nativo, situación que dificulta la relación del nuevo material a aprender con aspectos relevantes de los esquemas de conocimiento previo que poseen los estudiantes y el empleo de ejemplos en localidades ubicadas en el exterior sin una explicación adecuada o comparación con terrenos similares existentes en localidades mas conocidas para los estudiantes, circunstancia que dificulta la relación del nuevo material de aprendizaje con la realidad profesional que debe afrontar el estudiante en sus prácticas de campo o que afronta el geólogo en su desempeño profesional . Estas causas le dificultan al alumno alcanzar niveles altos de interés y como consecuencia genera tensión y angustia lo cual repercute en una memorización mecánica y fuera de contexto de la información percibida.

Lo anteriormente mencionado permite caracterizar una problemática de importancia valedera que ha comprometido y comprometerá el desempeño profesional de muchos geólogos hasta que un aprendizaje significativo pueda ser evidenciado en el aula y en el desempeño profesional mismo. La solución a la pregunta **¿Cómo lograr que los estudiantes de Estratigrafía y Sedimentología de la UIS aprendan significativamente?**, plantearía alternativas plausibles para sugerir una manera diferente de instruir a los alumnos de Estratigrafía/ Sedimentología en la UIS, dejando atrás métodos de enseñanza tradicionales y anticuados lo cual ayudaría a lograr un

aprendizaje eficaz y un mejor desempeño de los geólogos de la UIS en su vida profesional.

### **1.3 ASPECTOS FILOSÓFICOS DE LA GEOLOGÍA COMO CIENCIA EMPÍRICA: NATURAL E HISTÓRICA**

En nuestro empeño por conocer como aprender significativamente en Geología (Estratigrafía /Sedimentología), debemos plantearnos una serie de preguntas que nos permitan rescatar epistemologicamente el sentido de aprender geología desde un contexto filosófico y científico. El profesional en geología requiere de una formación científica que le permita realizar una producción de conocimiento en su disciplina y no solo practicar o desarrollar un conocimiento tecnológico que le permita intervenir la realidad en su ejercicio profesional. Por tanto, debemos primero que todo revisar retrospectivamente el concepto de ciencia y en especial preguntarnos si existe y cual es la diferencia entre la ciencia y las otras empresas humanas. La ciencia ha sido considerada por diferentes autores como un método, una forma de procedimiento o una manera de pensar. Para Sarton la ciencia es un método "la gran división intelectual de la humanidad no esta a lo largo de líneas raciales o geográficas, sino entre aquellos quienes entienden y practican el método experimental y aquellos quienes no lo entienden ni lo practican." Por otra parte, Rusell (1961) expresa que " cualquier conocimiento que se pueda obtener, debiera ser obtenido mediante métodos científicos, y lo que la ciencia no puede descubrir, la humanidad no lo puede saber." Finalmente, Chamberlin (1890) propone su método de múltiples hipótesis de trabajo. Mediante el Método Científico, tenemos una manera de hacer ciencia. Igualmente, Griffiths (1967) y otros autores nos proporcionan un método (el cual podríamos comparar con el proceso de tres pasos de Bacón), que incluye los siguientes pasos:

1. Formule la pregunta/ describa el propósito de la investigación
2. Planee un experimento o conjunto de experimentos para responder la pregunta.
3. Mencione exactamente los pasos involucrados (el diseño experimental) para obtener la nueva información.
4. Clasifique y resuma las observaciones (información cruda)
5. Analice o reduzca la información cruda
6. Saque conclusiones (inferencias) a partir del análisis
7. Erija una hipótesis con base en la información observada
8. Prediga nuevas inferencias a partir de la hipótesis
9. Pruebe las inferencias con mas experimentación u observaciones
10. Acepte o rechace la hipótesis con base en la información obtenida en el paso 9 y en la concordancia o contradicción con la(s) predicción (es).

En este orden de ideas, vale la pena resaltar que según Spieker (1965), “la ciencia es una manera de pensar, “ con esto el quiere decir que el método científico: A. Descubre observaciones; B. Realiza generalizaciones empíricas; C. Predice a partir de generalizaciones. Así, dentro de las generalizaciones reside la credibilidad y la verificación. Sin embargo autores como Medewar (1969), creen que “no hay método científico... si un método científico existiera luego los científicos serian mas exitosos en sus empeños de lo que ellos son... y si un método existe que conduzca a los científicos con certeza a la verdad, luego no hay excusa para no resolver los problemas científicos.”

La ciencia es un compendio (el estudio del mundo natural). Según Spieker (1965), La ciencia es una “ actividad hacia el descubrimiento de los hechos y la derivación de generalizaciones verificables con respecto a fenómenos naturales (o respecto a materia y energía).” Para Simpson: La ciencia es la “exploración del universo material que busca relaciones naturales ordenadas

entre los fenómenos observados y que se auto prueba.” Simpson discute cuatro elementos importantes en la ciencia: 1. Se preocupa por el mundo natural (materia de estudio); 2. Requiere descripción y observación, 3. Requiere explicación de las relaciones y 4. requiere establecimiento de los límites de confianza con respecto a las explicaciones. La definición de ciencia de Simpson, aplica a ciencias como la medicina, la biología, la etnología, la antropología y la **Geología**. Sin embargo, esta definición puede ser ampliada por disciplinas –no ciencias- como son las ciencias políticas, las ciencias sociales y la psicología.

Para Popper (1963), la ciencia se encarga de las preguntas capaces de ser falseadas. Así mismo sugiere que la principal diferencia entre ciencia y no ciencia es que las teorías científicas o las generalizaciones tienen que ser capaces de ser probadas falsas. Muchas disciplinas se encargan de ideas o generalizaciones las cuales son percibidas como válidas, pero la ciencia solo se encarga de las preguntas las cuales pueden falsearse. Así que los científicos solo deberían preocuparse de las hipótesis que pueden ser capaces de ser negadas. Por ejemplo, en psicología, no hay una forma de probar que cierta explicación es inválida. Los psicólogos siempre son capaces de proporcionar una respuesta o explicación causal. Finalmente, la ciencia tiene un aspecto de “auto-corrección” lo cual la separa de lo que no es ciencia.

Exploremos ahora si Geología es una ciencia y si hay algo que distinga a la geología de las otras ciencias. De acuerdo a Simpson (1963), la geología es una ciencia histórica; se encarga de los procesos immanentes que operan sobre los materiales terrestres tanto en tiempo como en espacio. Es el entendimiento de los aspectos configuracionales lo que separa a las ciencias históricas de las no históricas. Así que es de vital importancia comprender la relevancia de la configuración en geología. Cualquier cosa que estudiamos

en geología es única, esto es, es diferente de todos los otros materiales aun dentro de su misma clase. La unicidad se deriva de los procesos inmanentes que operan en combinaciones diferentes, en secuencias diferentes, en materiales diferentes tanto en tiempo como en espacio.

De acuerdo a lo anterior, el papel de la geología es explicar los elementos configuracionales los cuales crearon un material de carácter único. De esta manera, necesitamos reconstruir la secuencia de eventos en los cuales los procesos inmanentes operaron para producir el material final el cual podemos observar. Así, los geólogos estudian los resultados de los procesos (con características inmanentes) para interpretar lo configuracional. Los geólogos buscan, relaciones teóricas y explicativas de los materiales observados. Al hacer esto, los geólogos reconstruyen los eventos del pasado para explicar el carácter de las observaciones presentes.

Cuando hacemos una reconstrucción de lo que ha ocurrido en lugares y tiempos particulares en el pasado geológico, los geólogos hacen algo mas que simplemente describir. Ellos confían en la inferencia la cual invoca teorías, leyes o generalizaciones científicas para explicar las observaciones. Así, los geólogos intentan formular afirmaciones de las relaciones sistemáticas entre los procesos inmanentes y la secuencia de eventos. Según Kitts (1974),. “Pero todos los eventos históricos no simplemente se despliegan caóticamente en el pasado. Ellos están organizados espacial y temporalmente en formas en que la teoría no nos ha permitido imaginar.” De acuerdo a Kitts (1974), Los geólogos desean explicar regularidades generales de la historia de la tierra como también los eventos específicos. Así, son formulados los llamados “principios” o “generalizaciones empíricas” o las “generalizaciones probabilísticas.” Las generalizaciones históricas no son formuladas para explicar si no para que ellas sean explicadas (kitts, 1974).

Spieker (1965), no ve una diferencia real entre la geología y las otras ciencias naturales, excepto por el nivel de complejidad y el número de variables que deben ser consideradas en las explicaciones. Por ejemplo, es posible que al considerar las diferencias entre la biología y la geología encontremos que, considerando la complejidad de los sistemas, ambas se concentran en la naturaleza, ambas requieren razonamiento inductivo y ambas tratan con aspectos históricos. Claramente queda explícito que la geología si en algo se diferencia de otras es en su contexto histórico (espacio-temporal) y la materia misma de estudio, los materiales de la tierra. Generalmente el método científico es seguido en geología, especialmente cuando se comienzan las investigaciones dentro del marco de una teoría gobernante. Si se tiene un marco de múltiples hipótesis de trabajo, entonces, se debe formular una pregunta que permitirá invalidar una o más de las alternativas mediante experimentación u observación. Las hipótesis provienen de la intuición o de un presentimiento. Estas son muy importantes y son generadas gracias a que el cerebro es un poderoso instrumento análogo capaz de integrar grandes cantidades de información y buscar relaciones las cuales previamente no se esperaban. En geología, usualmente se entra al método científico en el paso 7: formulando una hipótesis. Aquí, el papel de la intuición ha sido responsable, probablemente, de dichas formulaciones que han producido la mayoría de avances en ciencia. Sin embargo es importante reconocer que muchas hipótesis han sido deducidas a partir de las matemáticas, las cuales han requerido elaboraciones más rigurosas que la sencilla intuición.

En geología solo podemos ofrecer explicaciones las cuales son las mejores para sustentar los fenómenos observados. Entre más observaciones se hagan que no rebatan la teoría, más confianza se puede tener en esta. Así, en el mejor de los casos solamente se puede refutar las teorías. Al poner a prueba las preguntas y las hipótesis, no podemos demostrar la hipótesis;

solamente se puede falsear o refutar la hipótesis. La mayor aproximación a la verdad y a la “verificación” de algo en geología es a través de predicciones y la prueba de esas predicciones. Sin embargo, la confirmación de una predicción no confirma absolutamente una teoría. Así que el conocimiento es evolutivo. Se debe ser radical en las investigaciones y las preguntas. La conformidad y la adherencia a teorías gobernantes no avanzaran nuestro entendimiento intelectual de la tierra. Al presentar una hipótesis, se debe probar con información y tratar de falsear la hipótesis. La formulación de predicciones y su futura verificación, dará la información acerca de si la hipótesis fue falseada al fallar en el intento de explicar la hipótesis y por lo tanto la necesidad de seleccionar otra que permita explicar el grupo de información.

Con base en la discusión anterior y siendo conscientes del carácter de la geología como ciencia empírica: natural e histórica, es necesario que los docentes reconozcan la importancia de formar a los estudiantes de geología en un contexto científico. Además, los docentes deben hacer entender a los alumnos mediante estrategias de enseñanza y aprendizaje, tanto implícita como explícitamente, que el papel que desempeñan es propio de científicos, buscadores de verdades que evolucionan con el producto diario del quehacer científico (la generación de nuevo conocimiento) y de contextos para reinterpretar nuestro entorno (los paradigmas). Finalmente, el estudiante y el profesional de las geociencias debe ser consciente del papel protagónico que tiene en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia. Su disposición e intencionalidad para aprender a aprender ciencia y controlar el desarrollo y evolución de su propio aprendizaje será fundamental al momento de desempeñarse eficientemente en las labores prácticas, en el ejercicio de su profesión como geocientífico.



## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA EN TORNO AL APRENDIZAJE**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo presenta los aspectos teóricos necesarios para entender algunos de los factores que favorecen o impiden el aprendizaje y específicamente las tesis fundamentales de la teoría de aprendizaje de Piaget que ayudan a comprender el proceso de aprender a aprender. Así mismo en este capítulo se presenta la teoría de aprendizaje significativo de AUSUBEL para aclarar algunos aspectos de cómo esta podría ayudar a entender el proceso de aprendizaje en el aula y mejorar los resultados de aprendizaje en los alumnos. Finalmente, se hace una breve crítica a la teoría, mostrando algunas de las deficiencias que posee.

#### **2.2 CONCEPCIONES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE CIENCIA Y APRENDIZAJE**

Los individuos tienen y mantienen concepciones y creencias propias sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico y sobre sus propios procesos y productos del aprendizaje. Los alumnos de primaria, (Ryan y Aikenhead, 1992); (Gaskell, 1992); (Wolff-Michael, 1994), universitarios (Petrucci y Dibar, 2001), profesores en formación o en desempeño (Gustafson y Rowell, 1995); (Praia y Cachapuz, 1994); (Porlán, 1994); (Linder, 1992) y personas que han alcanzado un alto grado de especialización en áreas determinadas de la ciencia pueden mantener concepciones epistemológicas sobre la ciencia y el conocimiento científico las cuales en muchos casos pueden ser inadecuadas (Larochelle y Désautels, 1991).

Que el número de investigaciones sobre las concepciones epistemológicas y su influencia en el aprendizaje de las ciencias es considerablemente menor al de los trabajos existentes sobre ideas alternativas (Campanario, 2004), parece dar una luz para explicar la orientación tradicional de la enseñanza de las ciencias hacia los contenidos (Hammer, 1994).

### **2.2.1 Concepciones epistemológicas sobre ciencia de los alumnos.**

Basado en estudios realizados en diversos contextos y sin pretender ser exhaustivo, Campanario (2004), resume en la siguiente lista algunas de las concepciones y creencias epistemológicas comunes de los estudiantes sobre la ciencia y la naturaleza del conocimiento científico.

- a) El conocimiento científico está fundamentado principalmente en el estudio objetivo de determinados "hechos" (Roth y Roychoudhury, 1994).
- b) El papel de la observación en la producción del conocimiento científico es fundamental.
- c) El conocimiento se acerca cada vez más con el paso del tiempo a la verdad absoluta (Roth y Roychoudhury, 1994)
- d) El conocimiento científico se articula en torno a leyes que existen independientemente de que los científicos las descubran o no (Hammer, 1994).
- e) Las reformulaciones globales del conocimiento científico no son consideradas, en general, como una de las características de la ciencia.
- f) En ciertas disciplinas, el aparato matemático reforzaría el carácter verdadero del conocimiento.

g) La resolución de problemas se realiza aplicando fórmulas usando procedimientos puramente simbólicos (Hammer, 1994).

h) El conocimiento científico en general se concibe como una construcción de fórmulas y símbolos que se refieren a los conceptos que lo articulan (Hammer, 1994).

i) Las disciplinas científicas pueden concebirse como un conjunto de elementos separados y no se espera una coherencia global.

j) Las disciplinas científicas están orientadas hacia resultados específicos, más que hacia principios generales (Disessa, 1993).

k) El trabajo experimental, es afrontado a manera de ritual en vez de ser considerado como una actividad racional relacionada directamente con la producción del conocimiento (Larochelle y Désautels, 1991).

l) La percepción de la relación entre la formulación de hipótesis y el diseño experimental es débil.

m) La relación entre el pensamiento científico y la realidad cotidiana es escasa (Touger, Dufresne, Gerace, Hardiman y Mestre, 1995).

n) La predicción con es concebida como un objetivo fundamental de la ciencia (Petrucci y Dibar, 2001).

En ciertas situaciones y para sorpresa de muchos, los estudiantes pueden mantener concepciones epistemológicas más próximas a las comúnmente aceptadas por los filósofos y epistemólogos de la ciencia (Meichtry, 1993):

- a) Se admite la influencia social en el conocimiento científico o se destaca el carácter comunitario y social del mismo. Así, el conocimiento científico estaría sujeto a modificaciones no directamente ligadas a factores internos de la ciencia.
- b) Se sugiere coherencia entre las diversas partes que componen una disciplina determinada (Hammer, 1994); (Hammer, 1995).
- c) Se reconoce que muchos aspectos relacionados del conocimiento científico son parte de nuestra realidad (Roth y Roychoudhury, 1994).
- d) Se cree que la ciencia parte de algunas presuposiciones.

A pesar de lo arriba mencionado, las concepciones epistemológicas de los individuos pueden ser inconsistentes entre sí, sin que estos sean conscientes. Así, dependiendo de la temática científica trabajada se recurre a uno u otro punto de vista (Porlán, 1994); (Hammer, 1995); (Pozo, Sanz, Gómez y Limón, 1991). Lo anterior impacta, indiscutiblemente, en la manera como los estudiantes aprenden.

**2.2.2 Concepciones epistemológicas sobre el aprendizaje de los alumnos.** La manera como los estudiantes enfocan las tareas de aprendizaje ha sido estudiada por investigadores en Didáctica de las Ciencias (Berry y Sahlberg, 1996). Sin embargo, hasta el momento se carece de un marco general referencial para clasificar las concepciones epistemológicas de los sujetos (Hammer, 1994). Preguntas básicas sobre las concepciones de los alumnos acerca del aprendizaje han permanecido durante mucho tiempo sin una respuesta clara debido, fundamentalmente, a problemas de enfoque y a dificultades metodológicas. Consecuentemente, muchos estudios dan resultados generalizados los cuales sostienen que los

sujetos mantienen concepciones epistemológicas "confusas" sobre el aprendizaje de la ciencia.

En los últimos años se ha empezado a responder a preguntas como cuál consideran los alumnos que es la forma adecuada de analizar y aprender diversos tipos de contenidos, cómo creen que se debe relacionar el trabajo de laboratorio con las clases teóricas o cuál es el papel de la formulación de problemas en el aprendizaje de las ciencias (Campanario, 2004). Consecuentemente, se ha logrado cierto avance sobre las concepciones de los alumnos acerca del aprendizaje en general, el aprendizaje de las ciencias y la relación entre el aprendizaje y la estructura del conocimiento científico.

Investigaciones llevadas a cabo desde perspectivas psicométricas (uso de cuestionarios y análisis multidimensionales) y fenomenográfica (uso de entrevistas clínicas y los análisis cualitativos) Hegarty-Hazel, (1991), han revelado algunas de las concepciones de los alumnos sobre el aprendizaje que pueden resultar familiares a los profesores de ciencias (Campanario, 2004).

Los estudiantes tienden a concebir el aprendizaje como un proceso pasivo o reproductivo más que como una tarea de construcción del conocimiento. Muchos alumnos piensan que aprender ciencias es aprender, fundamentalmente, fórmulas que permiten resolver ejercicios (Hammer, 1995) o aprender hechos y fenómenos que los científicos han ido descubriendo a lo largo del tiempo (Hammer, 1994). Esta idea sobre el aprendizaje de la ciencia es consistente con la concepción de la misma como un conjunto de hechos o fórmulas (Campanario, 2004).

Otras concepciones epistemológicas sobre el aprendizaje de las ciencias sostienen que las disciplinas científicas (e.g., Física, Química) constan de un

componente conceptual y otro matemático que se transmiten mediante los libros de texto y de un componente experimental que se adquiere mediante la experiencia de laboratorio. Otras veces se considera que el trabajo de laboratorio debería cubrir los huecos que dejan pendientes las clases teóricas y los libros de texto. Además, según muchos alumnos y profesores, la actividad práctica por sí misma tiene siempre efectos beneficiosos en el aprendizaje (Spector y Gibson 1991).

A menudo al contenido de una disciplina se concibe como una especie de territorio con fronteras que se pueden ampliar y el aprendizaje consiste en conquistar este territorio (Roth y Roychoudhury, 1994). Adicionalmente, el aprendizaje es concebido como un proceso de transferencia de conocimiento, la mente como un músculo que debe ser ejercitado para que adquiriera la destreza necesaria o el cerebro como un almacén pasivo (Roth y Roychoudhury, 1994), o como una especie de estantería en la que se colocan "paquetes" de conocimiento (Duit, 1991).

Investigadores como Ryan, (1984) han estudiado los criterios de comprensión que utilizan los alumnos. Este autor usa dos amplias categorías para clasificar las concepciones generales de los sujetos sobre el conocimiento y el aprendizaje. Los sujetos dualistas tienden a concebir el conocimiento como un conjunto de hechos discontinuos y a evaluar su grado de comprensión mediante indicadores tales como la cantidad de información que se podía recordar. Los sujetos relativistas conciben el conocimiento como una especie de marco que servía para interpretar hechos relacionados que formaban un todo integrado. Como criterio de comprensión, estos sujetos valoraban especialmente el número de relaciones de coherencia que se podían establecer entre diferentes partes de un contenido. Los dualistas tienden a aplicar criterios epistemológicos basados en el conocimiento,

mientras que los relativistas tienden a aplicar criterios basados en la comprensión

Algunos de los puntos de las concepciones de los alumnos sobre el aprendizaje son parecidos a las posturas comúnmente aceptadas hoy día en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Por ejemplo, para algunos sujetos el conocimiento y los significados comunes se pueden negociar con el profesor y en este proceso colectivo, reconocen que el trabajo en grupo tiene ventajas apreciables para el aprendizaje, dado que cada miembro del equipo no solo asume su propia responsabilidad en el aprendizaje, sino que puede servir de guía y crítico de los demás (Roth y Roychoudhury, 1994); (Spector y Gibson, 1991); (Zimmerman, 1990). Además, algunos estudiantes son conscientes del conflicto que existe a veces entre utilizar criterios epistemológicos que intenten conseguir la máxima generalidad y criterios que enfatizan la máxima coherencia. Enfrentado a la tarea de reconocer el conflicto entre dos concepciones inconsistentes se puede elegir entre admitir las dos versiones como correctas cada una dentro de su propio dominio o rechazar una de las dos concepciones (Ryan, 1984).

Muchas concepciones inadecuadas sobre el aprendizaje y la enseñanza son mantenidas por muchos profesores. Muchos normalistas mantienen ideas inadecuadas (Porlán, 1994) y aun lo peor es que no es fácil conseguir que estos cambien su manera de pensar (Gustafson y Rowell, 1995). Así, es probable que los profesores transmitan , implícita o explícitamente, a sus pupilos sus concepciones. Evidencia de esto son las diferencias en las concepciones sobre el aprendizaje que mantienen alumnos pertenecientes a distintos sistemas educativos (Purdie, Hattie y Douglas, 1996).

Según Campanario (2004), la Universidad debe asumir responsablemente el reto de difundir y propiciar las concepciones adecuadas sobre el aprendizaje

y trabajar por eliminar las concepciones inadecuadas tan fuertemente arraigadas en nuestros sistemas educativos. La enseñanza tradicional, basada en el copiado de apuntes y en la recepción pasiva de los conocimientos, tan abundante en las aulas, tiene como una consecuencia la transmisión de toda una ideología implícita sobre el conocimiento científico y el aprendizaje a estudiantes (futuros docentes), los cuales replicaran los métodos docentes a los que han sido sometidos. Como consecuencia, no es raro que los alumnos menosprecien las actividades distintas de la clase expositiva, tales como la discusión abierta en el aula (Duit, 1991) o las actividades de resolución de problemas como investigación, prácticas que divergen de los ejercicios tradicionales.

De los párrafos anteriores se desprende una conclusión preocupante: de nuevo, parecen aumentar los obstáculos y dificultades para el aprendizaje de las ciencias (Campanario y Otero, 2000b). Ello implica que cualquier intento serio que trate de abordar el aprendizaje de las ciencias debe implicar un compromiso por delimitar todo el rango de dificultades posibles, incluyendo el dominio difícil y escurridizo de las concepciones epistemológicas.

**2.2.3 Interacción de las concepciones epistemológicas de los alumnos y los profesores.** Según Campanario (2004), las concepciones epistemológicas de los individuos sobre el conocimiento científico y sobre los propios procesos y productos cognitivos evolucionan a medida que los estudiantes avanzan en el sistema educativo. Lo anterior como resultado de la forma en que toman contacto con los contenidos científicos y de cómo éstos se presentan y utilizan en el contexto académico.

Según Hodson (1994), las experiencias escolares que influyen en las concepciones de los alumnos son de dos tipos: las planificadas explícitamente y las que no lo son. Los libros de texto y los profesores



tienden a presentar mensajes sobre la naturaleza de la ciencia o a poner énfasis en determinados aspectos (ejemplo, prestar más atención a las cuestiones metodológicas durante las prácticas de laboratorio). Muy frecuentemente, los mensajes sobre la naturaleza de la ciencia se transmiten de manera implícita a través de actividades como la instrucción, las explicaciones, los comentarios, etc.

Según Campanario (2004), existe una relación entre las concepciones epistemológicas que mantienen los profesores de ciencias y las que desarrollan los estudiantes. Esto explicaría el origen de las concepciones epistemológicas que mantienen los estudiantes sobre la ciencia. Así, el conocimiento científico sería la influencia explícita o implícita del profesor, bien en la organización y desarrollo de las clases, en los métodos de enseñanza o en las pautas de trabajo y transmisión del conocimiento científico en las clases teóricas, en la resolución de problemas y en el trabajo de laboratorio (Linder, 1992); (Meichtry, 1993).

Según Campanario (2004), no es sorprendente que los estudiantes tengan dificultades en analizar y someter a crítica el conocimiento científico, ya que este es presentado en clase y en los libros de texto como un conjunto completo de hechos probados y verdades absolutas. Por otra parte, no es suficiente que el docente tenga concepciones adecuadas acerca de la naturaleza de la ciencia para que sus alumnos las logren (Petrucci y Dibar, 2001)

Según Campanario (2004), hay cierta similitud entre algunas ideas alternativas de los alumnos y determinadas teorías basadas en la Historia de la Ciencia, igualmente hay un evidente paralelismo entre algunas de las concepciones de los alumnos sobre la ciencia y la naturaleza del conocimiento científico y ciertas concepciones que tuvieron influencia en el

pasado en Filosofía de la Ciencia e incluso orientaron el desarrollo del currículo escolar durante los años 70 y 80 (Cleminson, 1990); (Gustafson y Rowell, 1995). No es fácil conseguir que los estudiantes desarrollen concepciones epistemológicas más adecuadas sobre la ciencia y el conocimiento científico. Lo anterior unido a la abundancia de ideas inadecuadas sobre la ciencia en los propios profesores de ciencias, plantea un nuevo reto a la Didáctica de las Ciencias Experimentales, abordar y modificar estas ideas inadecuadas sobre la ciencia y el conocimiento científico.

**2.2.4 Influencia de las concepciones epistemológicas de los alumnos en sus estrategias de aprendizaje.** Las concepciones epistemológicas de los alumnos también influyen en el aprendizaje (Disessa, 1993); (Songer y Linn, 1991); (Ertmer y Newby, 1996); (Zimmerman, 1990). Por tanto, el docente debe tener en cuenta las concepciones epistemológicas de sus alumnos como un factor adicional que impacta su aprendizaje. La posibilidad de que exista aprendizaje significativo supone implícitamente que los puntos de vista generales de profesores y alumnos debe ser conmensurables. La búsqueda de núcleos comunes es el paso inicial para la construcción de significados compartidos entre el docente y sus discípulos (Novak y Gowin, 1988). Sin un núcleo básico de puntos de vista comunes, ambos se encuentran en mundos intelectuales diferentes (Campanario, 2004). Así, autores Roth y Roychoudhury, (1994) plantean que las consecuencias de las concepciones epistemológicas de los alumnos en el aprendizaje son incluso mayores que las que tienen las orientaciones motivacionales.

El estudio de las concepciones epistemológicas que mantienen los alumnos sobre la ciencia, el conocimiento científico y el aprendizaje de la ciencia permite identificar factores adicionales que inciden en el trabajo del profesor y a los que habitualmente no se presta la debida atención. La mayor parte de

la investigación sobre el aprendizaje de la ciencia tiene que ver con dificultades conceptuales o procedimentales. Sin embargo, los intentos por modificar las ideas alternativas pueden resultar infructuosos si no se tienen en cuenta las concepciones epistemológicas de los sujetos que aprenden (Campanario, 2004). Así, por ejemplo, si un alumno piensa que la ciencia se compone de piezas o dominios aislados sin relación entre sí, es difícil que el profesor logre hacerle ver la equivalencia de determinados conceptos (como por ejemplo, "energía potencial") en diferentes contextos. En muchas ocasiones para poder cuestionar eficazmente las ideas alternativas de sus pupilos, el profesor debería vencer, además, la resistencia al cambio que ofrece el punto de vista del alumno sobre el conocimiento científico.

Las relaciones entre las concepciones epistemológicas de los lectores y los procesos de comprensión y aprendizaje han sido estudiados por Schommer, (1994). Mediante la evaluación de las concepciones epistemológicas por cuestionario escrito fueron identificadas las siguientes características como las más destacada de estas concepciones es su carácter multidimensional.

- a) Creencia en el carácter fijo o modificable de las capacidades intelectuales.
- b) Concepción del conocimiento como algo simple o complejo.
- c) Concepción del conocimiento como algo cierto o tentativo.
- d) Creencia en el aprendizaje rápido o progresivo.

Estos factores deben interpretarse como dimensiones independientes (por ejemplo, un alumno puede creer que el conocimiento es tentativo en vez de cierto, pero, a pesar de ello, puede concebirlo como relativamente simple).

Schommer, (1990) realizó un estudio con estudiantes de primeros cursos de Universidad, en el cual hizo leer a estos un texto de Psicología o de ciencias en los cuales se discutían problemas propios del área y en los que faltaba el párrafo final. Schommer encontró que la creencia en un aprendizaje rápido correlacionaba con la obtención de conclusiones simples. Así, parece claro que existe un cierto efecto de las concepciones epistemológicas en el aprendizaje y la comprensión. Aunque no se sabe a ciencia cierta el origen de este efecto, lo más probable es que se deba a una elaboración diferencial de la información (Campanario, (2004).

Es aconsejable pues, hacer tomar conciencia a los alumnos de que sus concepciones epistemológicas son con frecuencia erróneas y dificultan su aprendizaje (Novak y Gowin, 1988); (Gaskell, 1992). Para ello, se deben situar las creencias epistemológicas en el foco de los objetivos educativos, aunque haya que cubrir una cantidad menor de los contenidos propios de la materia. Que los estudiantes aprendan a aprender ya no sería un medio más para conseguir los objetivos educativos, sino que se trataría de un objetivo relevante. En este empeño, las capacidades de autorregulación de los alumnos y la metacognición desempeñan un papel fundamental.

**2.2.5 Pautas de razonamiento inadecuadas utilizadas por alumnos.** Los alumnos aplican pautas de razonamiento inadecuadas en el desarrollo de tareas propias de la ciencia (Campanario, 2004). La interacción profesor y alumnos permite descubrir y caracterizar las pautas de razonamiento inadecuadas que éstos utilizan. Entre estas se destacan, 1. El uso de metodologías superficiales, 2. El uso de heurísticos y pautas de razonamiento importados del contexto cotidiano.

Los estudiantes cometen a menudo errores, los cuales en muchos casos podrían ser atribuidos a comportamientos patológicos propios de los

alumnos. Carrascosa y Gil, (1985) observaron que tanto alumnos como profesores son mas vulnerables a cometer errores cuando se enfrentan los problemas acríticamente (metodología de la superficialidad), en donde sin un cambio metodológico no es posible el cambio conceptual. Los sujetos acríticos, no se fijan en las inconsistencias de los enunciados y comprensión superficial de las preguntas, (Campanario, 2004). Indicadores como generación de respuestas en corto tiempo y desatención a los llamados a realizar lectura critica son notorias. La superficialidad se basa en la tendencia del individuo a usar de una receta o algoritmo en una especie de asociación estímulo-respuesta (fijaciones funcionales) el cual es usado sin comprender o cuestionar su validez o aplicabilidad (Furió, Calatayud, Bárcenas, Padilla, 2001).

La adopción de este tipo de comportamiento se genera como respuesta a una inmersión continua en un sistema educativo competitivo en el que se valora el resultado final en forma de respuesta correcta y rápida en vez de los procesos cuidadosos de razonamiento y reflexión. Esto impacta negativamente el aprendizaje y así en la motivación, con lo cual el individuo se inclina a favorecer mas el producto que el proceso. Además, propicia el desarrollo de una falsa seguridad en la generación de respuestas valederas (Gil y Carrascosa, 1990) y (Campanario, 1995d).

En la producción y comprensión del conocimiento científico son esenciales ciertas habilidades intelectuales entre las cuales se puede incluir la generación de una hipótesis partiendo de un marco teórico previo y su juicio posterior mediante la experimentación. En este sentido, cuando los estudiantes no razonan correctamente, tampoco construyen correctamente los significados de las concepciones (Cudmani, Pesa, Salinas, 2000)

Las pautas de actuación cognitiva actuales de los individuos favorecen la noción de los heurístico frente a regla de hierro (formales y rigurosas) (Pozo, Sanz, Gómez y Limón, 1991). Los heurísticos funcionan efectivamente y resultan adecuados para predecir el desarrollo de acontecimientos y fenómenos que tienen lugar en nuestro entorno. Se ha caracterizado que los individuos tienden a comportarse sesgadamente, lo cual contrasta con la rigurosidad característica del pensamiento científico (Campanario, 2004).

Existen excepciones a todo tipo de reglas, incluso cuando éstas son generales y sirven para todas las situaciones que pertenecen a una misma categoría. Las siguientes son algunas pautas de razonamiento que impactan negativamente en el aprendizaje de las ciencias:

- Se tiende a explicar los cambios en los sistemas, no los estados estacionarios (Cudmani, Pesa y Salinas, 2000).
- Cuando tiene lugar un cambio o una transformación, casi siempre se presta más atención al estado final que al inicial (Martín, 2001).
- Se suele investigar un sistema solo cuando éste sufre algún cambio que se aparta de su funcionamiento normal. En principio "si algo no se ha roto no lo arregles" (Baron, 1993).
- Se tiende a abordar los problemas de acuerdo con los conocimientos que más se dominan, no con los más relevantes para su solución (Salinas, Cudmani y Pesa, 1996).
- Los estados de equilibrio son considerados estáticos. Así, los equilibrios dinámicos son difíciles de concebir, lo cual impacta altamente en el aprendizaje (e.g., Química).

- La causalidad es con frecuencia la base del razonamiento de los alumnos, aunque entre causas y efectos suelen intervenir mediadores (Thiberghien, Psillos y Koumaras, 1995, pág. 429). Además, se tiende a seguir una regla lineal "a mayor causa, mayor efecto" (Anderson, 1986).
- Se intenta encontrar cierta semejanza entre las causas y sus efectos.
- Se suele favorecer las causas más accesibles y mas fácilmente recuperables de la memoria. Así, se dejan de considerar las mas difíciles pues son mas difíciles de concebir "lo que no se percibe no se concibe" (Cudmani, Pesa y Salinas, 2000).
- En vez de buscar y razonar en torno a la diversidad de causas, se buscan y se razona con base a algunos agentes causales que ponen en marcha un proceso (Solsona, Izquierdo y Gutiérrez, 2000).
- Se tiende a reducir al mínimo las variables que intervienen en la explicación de un fenómeno o problema (por ejemplo, (Furió y Calatayud, 1996)).
- Fenómenos desconocidos, se aplican mediante fenómenos conocidos con los que existe algún tipo de semejanza (aunque estos factores sean irrelevantes, pero fácilmente percibibles).
- Se atribuyen propiedades anímicas a objetos o seres que no pueden tenerlas.
- Un fenómeno complejo con varias causas que actúan de forma interactiva, tiende a concebirse de manera aditiva y secuencial.

Las pautas espontáneas de razonamiento parece ir de la mano con el proceso de evolución biológica y cultural (Campanario, 2004). El ser humano debe responder de manera rápida y eficaz a las situaciones cambiantes de su entorno y esto exigiría un tiempo excesivo en el contexto actual (Pozo y Carretero, 1987). El adulto de hoy debe ser muy selectivos al procesar la información por lo cual frecuentemente sesga la información y comúnmente ignora datos casi evidentes para otros (Mele, 1996). Además, se puede incurrir en evadir los análisis sistemáticos de situaciones concebidas como obvias. En el contexto actual los heurísticos resultan mucho más eficaces. La aplicación generalizada de este tipo de esquemas conceptuales estaría en el origen de muchas ideas alternativas.

Las diferencias entre el conocimiento científico y el cotidiano y entre las pautas de razonamiento científico y el uso de esquemas de razonamiento cotidiano de acuerdo con diversas dimensiones han sido estudiadas por (Reif y Larkin, 1991). El uso de heurísticos adaptados del contexto cotidiano y el abuso de la metodología de la superficialidad pueden originar problemas adicionales en el aprendizaje (Campanario 2004).

En respuesta a la problemática anterior, algunos autores proponen un cambio metodológico de la mano con un cambio conceptual (Gil, 1987); (Gil, Martínez Torregrosa y Senent, 1988); (Segura, 1991). Según esta propuesta, el cambio metodológico tendrá lugar si los individuos son expuestos a situaciones repetidas en las que tengan que emitir hipótesis asociadas con sus conocimientos previos y expectativas, diseñar experimentos, realizarlos y analizar los resultados, discutir situaciones abiertas y evaluar alternativas. Según Campanario (2004), los sujetos deben ser sometidos al análisis de situaciones que posibiliten abuso de la metodología de la superficialidad con el fin de detectar los errores que se cometen y para posibilitar la toma de conciencia del uso de enfoques inadecuados.



### 2.3 TEORÍA DEL APRENDIZAJE DE PIAGET

Para Piaget (1959), el aprendizaje en sentido estricto, es el que se adquiere del medio de información específica y el aprendizaje en sentido amplio es el que consiste en el proceso de las estructuras cognitivas por procesos de equilibración. Según Piaget el aprendizaje de conocimientos específicos depende del desarrollo de las estructuras cognitivas generales. La visión anterior conlleva a Piaget a negar el valor explicativo del aprendizaje por asociación (Pozo, 1989).

Según Pozo (1989), Piaget piensa en el proceso cognitivo como no como el resultado de la sumatoria de aprendizajes puntuales sino como un **proceso de equilibración**. Así, se aprende cuando hay un desequilibrio o un conflicto cognitivo (Murria, 1983, en (Pozo, 1989).

La teoría de Piaget está basada en una tendencia a un equilibrio entre los procesos de asimilación y de acomodación (Flawell, 1985). La Teoría busca explicar cómo conocemos y cómo cambia nuestro conocimiento (Pozo, 1989). Para Piaget, la **asimilación** es la integración de elementos exteriores a estructuras en evolución o ya acabadas, es decir el proceso por el cual el sujeto interpreta la información que proviene del medio, en función de sus esquemas o estructuras conceptuales disponibles (Pozo, 1989).

La acomodación es un proceso por el cual los conceptos e ideas, esquemas, se adaptan a las características reales del mundo y mediante el cual se explica el cambio de “los esquemas” cuando esa adecuación no se produce. De acuerdo a lo anterior, la acomodación es cualquier modificación de un esquema asimilador o de una estructura, cuya modificación es causada por los elementos que se asimilan (Piaget, 1970). La acomodación requiere no solo una modificación de los esquemas previos en función de la información

asimilada, sino una nueva asimilación o reinterpretación de los datos o conocimientos anteriores en función de los nuevos esquemas construidos (Pozo, 1989).

El proceso de equilibración involucra un equilibrio entre asimilación y acomodación, el cual se produce y se rompe en niveles de complejidad creciente a saber (Piaget, 1975 en Pozo, 1989).

Nivel uno: Los esquemas que posee el sujeto deben estar en equilibrio con los objetos que asimilan

Nivel dos: Debe existir un equilibrio entre los diversos esquemas del sujeto, los cuales deben asimilarse y acomodarse recíprocamente.

Nivel tres: Integración jerárquica de esquemas previamente diferenciados.

Los niveles de equilibrio anteriormente mencionados están jerárquicamente integrados, por lo cual la inestabilidad en el tercer nivel genera conflictos en el segundo estadio (contradicciones entre afirmaciones sucesivas del sujeto) y consecuentemente en el primero (predicciones erróneas). Estos estadios de desequilibrio implican la necesidad de acomodar esos esquemas para recuperar el equilibrio. Según Piaget (1975) hay dos maneras globales de responder a los conflictos cognitivos (desequilibrios), las respuestas no adaptativas y las adaptativas. Las primeras no requieren una toma de conciencia del conflicto existente, no existe la contradicción. Como resultado el sujeto no modifica sus esquemas. Así, la respuesta no es adaptativa pues no produce ninguna acomodación y consecuentemente no hay aprendizaje, ni superación del conflicto entre esquemas y los objetos asimilados. Por otra parte, las respuestas adaptativas son aquellas en las que el sujeto es conciente del conflicto e intenta resolverlo. Estas respuestas adaptativas son

de tres tipos, Alpha, beta y gama, las cuales implican un mayor grado de modificación de la estructura cognitiva y por ende un mayor grado de aprendizaje.

**2.3.1 Teoría de Piaget del desarrollo cognitivo y su utilidad en la docencia.** La teoría de Piaget del desarrollo evolutivo es considerada como marco de referencia fundamental para entender el desarrollo evolutivo y su influencia en los límites del aprendizaje.

Según Piaget el desarrollo evolutivo es un proceso dinámico que pasa por diversos estados de equilibrio. El desarrollo se origina principalmente gracias a la actividad del sujeto y debido a su interacción con el medio que le rodea, mediante los mecanismos de acomodación y asimilación. La asimilación implica la inclusión de elementos externos ajenos a la estructura cognitiva del sujeto. La acomodación implica una modificación de los elementos existentes.

Cada etapa del desarrollo evolutivo está caracterizada por rasgos y capacidades características. Cada etapa incluye las anteriores y se alcanza en rango de edades aproximados en individuos normales.

Las etapas del desarrollo evolutivo de Piaget se pueden resumir como sigue:

a) Período sensoriomotor (0-2 años). Adquisición de primeros esquemas, limitados a experiencias motoras y sensoriales.

b) Período preoperacional (2-7 años). Realización de primeras inferencias lógicas e inicio del proceso de traducir las experiencias a códigos mentales (Simbolización). Capacidad de razonar limitada a cadenas sencillas, gran dificultad para analizar la realidad desde otra realidad distinta de la personal

(egocentrismo), tendencia a considerar sólo los datos más relevantes (Centraje) y a generalizar a partir de casos particulares (falsa generalización).

c) Etapa de operaciones concretas (7 a 14 años). Se desarrollan operaciones concretas y se realizan clasificaciones. Se analizan situaciones basadas en datos concretos y no exclusivamente en formulaciones verbales. Las relaciones son entendidas en función de propiedades sensibles de los objetos y suelen ser siempre directamente proporcionales.

d) Etapa de las operaciones formales (desde los 14-15 años). Último peldaño del desarrollo evolutivo. Caracterizado por destrezas que tienen especial relación con procesos de pensamiento frecuentes en la ciencia. Esta etapa corresponde a los alumnos adolescentes y a la edad adulta. Se manifiesta y concreta el control de variables, el cual es requisito para el pensamiento formal. La construcción teórica del joven muestra que es capaz de utilizar pensamiento reflexivo e incursionar en el ámbito de lo abstracto y lo posible.

- **Características funcionales del estadio de las operaciones formales**  
Las características que definen el pensamiento formal pueden clasificarse en funcionales y estructurales. Las funcionales se refieren a los enfoques y estrategias para abordar los problemas y tareas. Las estructurales se refieren a estructuras lógicas que sirven para formalizar el pensamiento de los sujetos (Carretero, 1980, pág. 3).

Concepción de lo real como un subconjunto de lo posible: los individuos que han alcanzado el estadio formal pueden concebir situaciones distintas a las reales en el momento de enfrentar tareas a las que son sometidos. Es decir, pueden obtener todas las relaciones posibles entre un conjunto de elementos.

Carácter hipotético deductivo: la hipótesis es usada como el instrumento intelectual para entender las relaciones entre elementos. Potencialmente, los sujetos están en capacidad de comprobar las hipótesis mediante las deducciones correspondientes y por medio de varias hipótesis a la vez, simultánea o sucesivamente.

Carácter proposicional: las hipótesis son expresadas con afirmaciones y los individuos razonan sobre estas mediante el uso de operaciones lógicas como la disyunción, la implicación, la exclusión. Los sujetos formales convierten los datos en proposiciones y actúan sobre ellas.

- **Características estructurales del estadio de las operaciones formales**

Las características estructurales que definen el estadio de las operaciones formales son:

La combinatoria: las posibles combinaciones de unos elementos determinados constituyen una estructura que representa la capacidad de los sujetos para concebir todas las relaciones posibles entre los elementos de un problema.

El grupo de las cuatro transformaciones: esta estructura representa la capacidad de los sujetos formales para operar simultáneamente con la identidad, la negación, la reciprocidad y la correlación. Estas operaciones formarían una estructura de conjunto, ya que cualquiera de ellas puede expresarse como una combinación de las restantes.

La propuesta inicial de Inhelder y Piaget añade unas suposiciones adicionales sobre el desarrollo del pensamiento formal que son relevantes para el aprendizaje de las ciencias (Pozo y Carretero, 1987,):

- El pensamiento formal es cualitativamente distinto de las operaciones concretas.
- El pensamiento formal se desarrolla de modo espontáneo y sería universal. Este tipo de pensamiento estaría generalizado a partir de los 14 o 15 años.
- El pensamiento formal sería uniforme y homogéneo y permitiría resolver todo tipo de tareas con independencia del contenido de las mismas. Sin embargo estas afirmaciones tienen una interpretación distinta desde la didáctica de las ciencias, específicamente en el trabajo de aula.

Piaget formuló una auto corrección de su teoría de las operaciones formales como respuesta a las investigaciones posteriores a la formulación inicial de su teoría (Carretero, 1980). Así, los sujetos no acceden al pensamiento formal hasta los 15-20 años, siempre y cuando el medio social y la experiencia proporcione los estímulos necesarios. Además, la llegada a las operaciones formales no se manifiesta en todos los terrenos, sino que depende de las aptitudes e intereses de los individuos, así como de su aprendizaje. Las nuevas investigaciones revelaron que los sujetos con capacidades de pensamiento formal en algunos terrenos tienen un nivel de desempeño similar al de sujetos en el estadio de operaciones concretas cuando resuelven tareas propias de otros dominios desconocidos (Pozo y Carretero, 1987). Además, es perfectamente posible que se observen algunas características del pensamiento formal y no se muestren otras (Pozo, 1987b; 1987c).

Investigaciones postpiagetanas han mostrado resultados que critican fuertemente el carácter formal del pensamiento formal. Ahora se concibe que es posible actuar a nivel formal en determinadas tareas y a nivel mucho más

concreto en otras. Hay una "crisis de la omnipotencia lógica" (Pozo y Carretero, 1987). El pensamiento formal no sería una estructura de conjunto sino, más bien, una colección de estrategias o esquemas que no se adquieren unitariamente y que no son totalmente formales. En conclusión, el pensamiento formal parece ser una condición necesaria para acceder al conocimiento, pero no es una condición suficiente (Pozo y Gómez, 1997, p. 86).

**2.3.2 Implicaciones de la teoría de Piaget para la enseñanza de las ciencias.** La teoría de Piaget, ofrece posible explicación al fracaso de los alumnos. Puede ocurrir que la realización de tareas científicas requiera de capacidades y destrezas del pensamiento formal cuando los alumnos todavía no han alcanzado esta etapa. Shayer y Adey desarrollaron una línea de investigación que proponen una taxonomía que permite clasificar el nivel de exigencia de determinados contenidos y tareas propias del aprendizaje de las ciencias de acuerdo con los esquemas mentales implicados (Shayer y Adey, 1984). Según Shayer y Adey existe una relación entre la estructura de un determinado contenido científico y las capacidades cognitivas necesarias para entenderlo. Estos autores desarrollaron diversas Taxonomías para el Análisis del Según las investigaciones de Shayer y Adey se ha constado que puede existir una discrepancia entre el grado de desarrollo evolutivo de los alumnos de ciencias y el nivel de exigencia cognitiva de muchas de las tareas que se exigen en diversos los programas (Campanario, 2004). Lo anterior implica un límite a lo que los alumnos pueden aprender. Además, genera problemáticas en torno a selección de contenidos, secuenciación y estructuración, de acuerdo con la limitación antes mencionada. Si se contemplan contenidos de un nivel formal superior al que han alcanzado los alumnos, estos no podrán ser asimilados y los alumnos tenderán a aprenderlos de memoria o de manera incompleta. Si se eligen contenidos y actividades muy simples no tendrán efecto en el desarrollo del alumno.

Consecuentemente, se deberían elegir contenidos y actividades que tengan exijan un pensamiento formal intermedio asequible para el alumno, pero que impulse el desarrollo evolutivo, mediante la figura de retos.

## **2.4 TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**

Durante muchos años las teorías conductistas fueron el paradigma dominante en Psicología. En este contexto, el aprendizaje se concebía como una asociación entre estímulos y respuestas o entre conductas y refuerzos, por tanto los psicólogos no se interesaban por los procesos que median entre ambos extremos (Novak, 1982).

Para explicar la enorme complejidad y riqueza del aprendizaje humano se necesitaban nuevos paradigmas. El surgimiento de la orientación cognitiva marco una revolución en Psicología y los psicólogos cognitivos fijaron su atención en los procesos mentales que permiten la comprensión y el aprendizaje.

Según la teoría de Ausubel, el aprendizaje se concibe como un proceso de construcción de nuevos conocimientos a partir de los conocimientos previos, más que como un proceso de simple copiado de contenidos. Esta teoría enfatiza el aprendizaje significativo, frente al memorístico.

En sus inicios la teoría de Ausubel recibió escasa atención (Novak, 1982), pero hoy constituye un marco de referencia obligatorio en áreas como Didáctica de las Ciencias. Los aportes de la teoría del aprendizaje de Ausubel han tenido gran influencia e impacto en la Enseñanza de las Ciencias y por tanto merecen atención. Así, la teoría del aprendizaje de Ausubel planteo el primer modelo sistemático de aprendizaje cognitivo (Shuell, 1986, pág. 419). Ausubel clarifico conceptos entre aprendizaje por



descubrimiento, aprendizaje receptivo, aprendizaje significativo y aprendizaje memorístico.

**2.4.1 El proceso de aprendizaje significativo.** Según Ausubel, existe aprendizaje significativo cuando se relaciona intencionadamente material que es potencialmente significativo con las ideas establecidas y pertinentes de la estructura cognitiva. La teoría sugiere usar los conocimientos previos en la adquisición de nuevos conocimientos para posibilitar nuevo aprendizaje. De esta manera se pueden utilizar con eficacia los conocimientos previos en la adquisición de nuevos conocimientos que, a su vez, permiten nuevos aprendizajes. El aprendizaje significativo sería el resultado o el puente de la interacción entre los conocimientos del que aprende y la nueva información que va a aprenderse (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Los inclusores son los conceptos que permiten aprender significativamente nueva información. Estos existen en la estructura cognitiva y sirven de enlace entre la nueva información y los conceptos previos. El aprendizaje significativo es pues un proceso continuado de inclusión (e.g. crecimiento, elaboración y modificación de los conceptos inclusores debido a la adición de nuevos conceptos). En este proceso de diferenciación progresiva los inclusores son modificados a tal punto que no es posible recuperar los elementos originales (inclusión obliterativa).

En el proceso de aprendizaje, el aprendiz frecuentemente encuentra conflictos cognitivos que le obligan a realizar algún tipo de clarificación conceptual entre lo que se conoce y información que se intenta aprender. El fenómeno de reconciliación integradora (Novak y Gowin, 1988) ocurre cuando el sujeto nota que los conceptos que aparentemente no tienen relación están ligados y realiza la asociación respectiva.

La teoría de Ausubel introduce conceptos que permiten explicar los procesos de aprendizaje, los cuales posibilitan entender los límites y condiciones del aprendizaje. Esto es importante pues los conceptos científicos de los alumnos suelen ser confusos, cuando estos no conocen los límites y/o condiciones de aplicabilidad de los mismos o las diferencias que existen entre ellos.

Los conceptos de diferenciación progresiva o reconciliación integradora resultan especialmente relevantes para entender el aprendizaje de las ciencias. El reconocimiento de similitud y de relaciones entre conceptos aparentemente diferenciados (reconciliación integradora) es uno de los mecanismos básicos del aprendizaje de las ciencias. Todo ello está en estrecha relación con la observación y descubrimiento de anomalías (disonancia cognitiva).

La teoría de Ausubel permite entender que para descubrir anomalías es imprescindible disponer de una estructura conceptual lo suficientemente diferenciada como para observar regularidades y excepciones de dichas regularidades, aspecto altamente ignorado por los filósofos de la ciencia (Campanario, 1996a).

Según Ausubel, el aprendizaje significativo se alcanza cuando:

- El contenido tiene significatividad lógica, es decir, existe la posibilidad de establecer conexiones no arbitrarias entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo.
- El que aprende dispone de ideas pertinentes para relacionar el nuevo contenido con los conocimientos previos.

- Existe una disposición para el aprendizaje significativo por parte del sujeto que aprende. Si el sujeto no relaciona el nuevo material con conocimientos previos, el aprendizaje se reduce al memorístico.

En caso que no exista la posibilidad de relacionar la nueva información a la estructura cognitiva del que aprende es necesario acudir a un organizador previo, un conjunto estructurado de conocimientos que actúa como puente entre la información disponible en la estructura cognitiva del aprendiz y la información que se trata de aprender. Un organizador previo eficaz debe establecer con precisión cuáles conocimientos debe poseer el sujeto para poder procesar la nueva información.

Los alumnos tienden a utilizar técnicas de aprendizaje memorístico cuando sus esfuerzos por comprender los contenidos académicos no son recompensados con buenas calificaciones (Kember, 1996). A otro nivel, un estudiante puede ser consciente de la utilidad de las estrategias que exigen procesamiento de la información en profundidad para aprobar exámenes, pero no necesariamente se inclinan por ellas si no están interesados en el aprendizaje significativo (Nolen, 1988). Aún, los alumnos que aplican estrategias de aprendizaje significativo pueden ser "forzados" a adoptar enfoques superficiales si factores como las técnicas de evaluación les hacen ver que las estrategias superficiales son más útiles para aprobar los exámenes (Crooks, 1988).

La no relación entre los exámenes y los objetivos puede conllevar a una contradicción entre el logro del objetivo de aprobar un examen y el uso de estrategias de alto nivel o el aprendizaje significativo, esta situación suele propiciar el uso de estrategias que solucionan la necesidad de aprobar los exámenes (Campanario, 2004).

El uso de las estrategias metacognitivas (e.g. control de la propia comprensión) no parece o es pobremente valorado por profesorado (Campanario y otros, 1994). Esto es mostrado por la pobre correlación existente entre uso de estrategias y las calificaciones en la enseñanza media (Otero, Campanario y Hopkins, 1992) o en primeros niveles de Universidad (Campanario y otros, 1994); (Campanario y otros, 2002).

**2.4.3 Crítica a la teoría de Ausubel.** La teoría de Ausubel presta poca atención a los resultados obtenidos por investigadores que seguían otros enfoques como el de las teorías del procesamiento de la información. En especial al papel que desempeñan las estrategias cognitivas y, particularmente las estrategias metacognitivas en el procesamiento y aprendizaje de nueva información queda casi totalmente olvidado en la formulación de la teoría (Campanario, 2004).

El marco general usado para explicar cómo está organizado el conocimiento en la memoria es muy similar a otros esquemas cuestionados a la luz de resultados evidencias experimentales que apuntan a una organización en torno a prototipos y ejemplares, más que en torno a jerarquías.

Kember (1996), cuestiona la división abrupta entre aprendizaje memorístico y aprendizaje significativo. Según este autor, el aprendizaje significativo es la intención de aprender un contenido comprendiéndolo y sin recurrir necesariamente a estrategias de aprendizaje memorístico. Kember (1996) y Shuell, (1990) consideran el aprendizaje memorístico como un paso previo al aprendizaje significativo, memorización como una etapa previa a su comprensión, una ayuda efectiva.

La teoría de Ausubel se centra en el aprendizaje de conceptos y desatiende el conocimiento procedimental. Los procesos de aprendizaje que se

describen (inclusión, diferenciación progresiva, etc), aunque teóricamente entendibles no hacen referencia explícita a procesos mentales en términos de las teorías cognitivas aceptadas.

La teoría de Ausubel que ha sido cuestionado por la eficacia de los organizadores previos, a pesar que en 1989 todavía se publicaban estudios experimentales sobre la efectividad de los organizadores previos (Kloster y Winne, 1989) y que la efectividad de los organizadores previos en el aprendizaje no está probada. En muchas ocasiones la falta de éxito es asociada a su elaboración defectuosa o a que no se han tenido en cuenta todos los conocimientos de los alumnos a los que iban destinados (Corkill, Glover, Bruning y Krug, 1988).

El papel facilitador de los conocimientos previos en la teoría de Ausubel es discutible pues se ha encontrado que los conocimientos previos de los alumnos sobre contenidos científicos están contaminados por concepciones erróneas que más que facilitar el aprendizaje, lo interfieren. Para lograr un aprendizaje significativo, más que relacionar directamente los conocimientos previos con la nueva información a aprender, se sugiere cuestionar dichos conocimientos o, al menos, concientizar a los alumnos que estos conocimientos previos pueden ser inadecuados.

Finalmente, la "disposición para el aprendizaje significativo" que Ausubel postula como necesaria para el aprendizaje, y que ya había sido sugerida por Bruner en su defensa del aprendizaje por descubrimiento (citado por (Shuell, 1986, pág. 419)), no ha sido expresada en términos de procesos mentales y se le ha relacionado con los fracasos de algunos estudios experimentales (Otero y Brincones, 1987).

Los resultados de investigaciones indican que este factor puede ser tanto o más importante que los conocimientos previos del sujeto que aprende (Otero y Campanario, 1990); (Campanario, 1993b); (Campanario, Cuerva y Otero, 1997). Así, los alumnos a veces procesan los contenidos científicos tan superficialmente que no detectan inconsistencias explícitas en textos de contenido científico (Campanario, 1995a); (Otero y Campanario, 1990); (Otero, Campanario y Hopkins, 1992). No cabe duda de que, cuando se procesan contenidos científicos de manera superficial, la posible significatividad lógica de los materiales a aprender y la existencia de inclusive válidos puede ayudar muy poco

Finalmente y a manera de conclusión podría afirmarse que los estudios sobre las concepciones epistemológicas sobre ciencia y aprendizaje que manejan maestros y aprendices, así como los postulados de la teoría de aprendizaje de Piaget, incluso sus aportes sobre los estadios de desarrollo cognitivo y las tesis que fundamentan la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel se constituyen en el sustento de la propuesta de estrategias de enseñanza y aprendizaje en Sedimentología y Estratigrafía.

### **CAPITULO 3**

## **ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE PARA FAVORECER EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN SEDIMENTOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Diversas estrategias de enseñanza y aprendizaje podrían ser implementadas para lograr el favorecimiento del aprendizaje de los estudiantes de geociencias. Diversos autores han presentado estrategias y recursos como el uso eficiente de libros de texto de ciencias (Campanario, 2004), (Campanario, 2001b) y (Cintas, 2000) (Baker, 1991) y muestra los libros de texto, como fuente de aprendizaje por contraejemplo Campanario (2004). Estrategias en torno a los libros texto incluyen actividades de generar, clasificar y responder preguntas relacionadas con la lectura previa de un texto y su mejoramiento (Koch y Eckstein, 1991). Otras estrategias estimulan el control de la comprensión en alumnos que usan libros de texto. (Campanario, 1993b); (Campanario, 1995a); (Campanario y Otero, 1991) y el uso de cuestionarios (Wandersee, 1988), Sánchez Miguel, E. (1993), Dewitz, Carr y Patberg, (1987) para reforzar esta practica metacognitiva. Adicionalmente, la evaluación de un libro de texto para elegirlo como un recurso docente es una estrategia en si misma. (Campanario, 2004), así como el manejo de la bibliografía como fuente estratégica de aprendizaje significativo (Campanario, 2004).

Entre otras estrategias de enseñanza y aprendizaje se encuentran los análisis de experiencias y contrastación mediante predicciones: Actividades predecir-observar-explicar (POE) (Campanario, 2004), el uso de analogías (Campanario, 2004) y la asignación de Trabajos escritos a ser desarrollados

por los alumnos (Campanario, 2004). Adicionalmente se puede implementar el uso de mapas conceptuales (Novak y Gowin, 1988), el uso de esquemas y de diagrama UVE (Novak y Gowin, 1988) en la enseñanza de las ciencias (Campanario, 2004). Finalmente las Prácticas de laboratorio pueden ser usadas como estrategia para el mejoramiento del aprendizaje de las ciencias teniendo en cuenta los problemas y desventajas asociados (Barberá y Valdés, 1996). Para mejorar estas prácticas es aconsejable planificar y Evaluar los guiones de las prácticas de laboratorio (Gangoli, 1995) y (Tamir y García Rovira, 1992).

El presente capítulo clarifica conceptos básicos asociados con las estrategias, la razón de ser de estas y su clasificación. Posteriormente se presentan a manera de aplicación práctica el uso de libros de texto, los análisis de experiencias y contrastación mediante predicciones: Actividades predecir-observar-explicar (POE), el diseño de unidades didácticas o cursos y la metacognición como estrategias de enseñanza y aprendizaje que ayudarían a potenciar un aprendizaje significativo en asignaturas como la estratigrafía.

## **3.2 ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

**3.2.1 Definición de Estrategia.** Una estrategia es una guía de las acciones que hay que seguir, las cuales son concientes e intencionales, van dirigidas a lograr un objetivo que consisten en el uso reflexivo de los procedimientos.

### **Precisión entre Técnicas, Habilidades y Capacidades**

Desde un paradigma socio – cognitivo se habla de aprender a aprender para desarrollar el potencial de aprendizaje cognitivo y afectivo de los aprendices. La enseñanza centrada en procesos identifica al profesor como mediador del aprendizaje y mediador de la cultura social. Así, las capacidades y valores se



desarrollan por medio de contenidos y métodos (Román, 2004) y ello permite identificar las actividades como estrategias de aprendizaje, centradas en el sujeto que aprende y orientadas al desarrollo de procesos cognitivos (capacidades, destrezas y habilidades) y afectivos (valores y actitudes).

En los aprendices existe una zona de desarrollo potencial (inteligencia potencial, capacidades potenciales) que indica las posibilidades de aprendizaje de un aprendiz con la ayuda adecuada de un mediador (Román, 2004). Este desarrollo posibilita la construcción de herramientas internas para aprender (procesos cognitivos, capacidades, habilidades) y también la elaboración de herramientas externas (tecnologías) utilizables en la vida cotidiana.

Según Román, (2004), la inteligencia de un aprendiz, es como una macrocapacidad, que puede descomponerse en un conjunto de capacidades (unas 30 – 40) y a su vez éstas se pueden descomponer en destrezas (capacidades más pequeñas) y éstas a su vez en otras más pequeñas aún que serían las habilidades. Así, un aprendiz capaz de aprender aprende con sus capacidades, sus destrezas y sus habilidades, que sólo se utilizan cuando se han desarrollado y cuando no es necesario desarrollarlas por medio de contenidos (formas de saber) y métodos / procedimientos (formas de hacer).

Según (Román, 2004) una capacidad es una habilidad general que utiliza o puede utilizar un aprendiz para aprender, cuyo componente fundamental es cognitivo. Una destreza es una habilidad específica, que utiliza o puede utilizar un aprendiz para aprender, cuyo componente fundamental también es cognitivo, es así como un conjunto de destrezas constituyen una capacidad. Finalmente, una habilidad es un paso o componente mental y un conjunto de habilidades constituye una destreza. Según lo anterior se podría comprender

que, las capacidades no se pueden desarrollar al ser muy amplias y que es necesario descomponerlas en capacidades más pequeñas (destrezas o habilidades). Por otra parte, las técnicas son actividades específicas que se llevan a cabo para realizar una tarea (enseñar/aprender/resumir...) Ejemplo: repetir, subrayar, organizar, clasificar, esquematizar, hacer preguntas, las cuales posibilitan la comprensión y utilización de los procedimientos, pero que han llegado a un nivel de interiorización tal que se realizan sin que necesariamente se esté recurriendo permanentemente a la reflexión, es decir se vuelven automáticas.

**3.2.2 Tipos de Estrategias.** Dentro de los tipos de estrategias podemos encontrar las de enseñanza y aprendizaje. Ambos tipos de estrategias están involucradas en la generación de aprendizajes significativos a partir de los contenidos escolares. En las primeras el énfasis se pone en el diseño, la programación, elaboración y realización de los contenidos a aprender por vía oral o escrita (lo cual es tarea del docente), y las segundas la responsabilidad recae en el aprendiz (Díaz Y Hernández, 1998).

**3.2.3 Estrategias de Enseñanza.** Las estrategias de enseñanza son los procedimientos o recursos utilizados por el agente de enseñanza para promover aprendizajes significativos (Mayer, 1984; Shuell, 1988; West, Farmer y Woff, 1991 en Díaz Y Hernández, 1998). Según Román, (2004), se pueden distinguir dos tipos de estrategias de aprendizaje fundamentales: estrategias centradas en la tarea las cuales van encaminadas a la solución de problemas (pasos mentales) y las estrategias centradas en el sujeto las cuales propenden por el desarrollo de procesos cognitivos y afectivos (Capacidades y Valores).

➤ **Clasificación de las Estrategias de Enseñanza**

El cuadro de abajo muestra a manera de resumen una breve definición y conceptualización de las principales estrategias de enseñanza según (Díaz y Hernández, 1998).

Cuadro 1. Clasificación de las Estrategias de Enseñanza

Objetivos	Enunciado que establece condiciones, tipo de actividad y forma de evaluación del aprendizaje del alumno. Generación de expectativas apropiadas en los alumnos.
Resumen	Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatiza conceptos clave, principios, términos y argumento central.
Organizador previo	Información de tipo introductorio y contextual. Es elaborado con un nivel superior de abstracción, generalidad e inclusividad que la información que se aprenderá. Tiende un puente cognitivo entre la información nueva y la previa.
Ilustraciones	Representación visual de los conceptos, objetos o situaciones de una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, esquemas, gráficas, dramatizaciones, etcétera).
Analogías	Proposición que indica que una cosa o evento (concreto y familiar) es semejante a otro (desconocido y abstracto o complejo).
Preguntas intercaladas	Preguntas insertadas en la situación de enseñanza o en un texto. Mantienen la atención y favorecen la

Pistas tipográficas y discursivas	práctica, la retención y la obtención de información relevante.  Señalamientos que se hacen en un texto o en la situación de enseñanza para enfatizar y/u organizar elementos relevantes del contenido por aprender.
Mapas conceptuales y redes semánticas	Representación gráfica de esquemas de conocimiento (indican conceptos, proposiciones y explicaciones).
Uso de estructuras textuales	Organizaciones retóricas de un discurso oral o escrito, que influyen en su comprensión y recuerdo

Fuente: Díaz y Hernández, 1998

Según el momento de uso y presentación con respecto a un contenido curricular específico, ya sea en un contexto o en la dinámica del trabajo docente, las estrategias de enseñanza se pueden clasificar en (preinstruccionales) *antes*, (coinstruccionales) *durante* o (postinstruccionales) *después*.

El proceso de orientación del aprendizaje debe pasar y trascender unas etapas mínimas. Estas etapas pueden ser exitosamente superadas y potencializadas si se utilizan estrategias de enseñanza que van de la mano con los requisitos del proceso mismo.

Otra clasificación es desarrollada a partir de los procesos cognitivos que las estrategias elicitán para promover mejores aprendizajes (Cooper, 1990; Díaz

Barriga, 1993; Kiewra, 1991; Mayer, 1984; West, Farmer y Wolff, 1991 en (Díaz Y Hernández, 1998).

Cuadro 2. Clasificación de estrategias de enseñanza basada en procesos cognitivos.

<b>Proceso cognitivo en el que incide la estrategia</b>	<b>Tipos de estrategia de enseñanza</b>
Activación de los conocimientos previos	Objetivos o propósitos Preinterrogantes
Generación de expectativas apropiadas	Actividad generadora de información previa
Orientar y mantener la atención	Preguntas insertadas  Ilustraciones  Pistas o claves tipográficas o discursivas
Promover una organización más adecuada de la información que se ha de aprender (mejorar las conexiones internas)	Mapas conceptuales  Redes semánticas  Resúmenes
Para potenciar el enlace entre conocimientos previos y la información que se ha de aprender (mejorar las conexiones externas)	Organizadores previos  Analogías

Fuente: Díaz Y Hernández, 1998

Adicionalmente, las estrategias de enseñanza se pueden clasificar en: 1. Estrategias Motivacionales, 2. Estrategias de Orientación y elaboración de aprendizaje: incluyen las estrategias de aprendizaje individual, de aprendizaje en grupo, y las que desarrollan la actitud científica, 3. Estrategias de fijación de lo aprendido, 4. Estrategias de integración de lo aprendido, 5. Estrategias de transferencia de lo aprendido, 6. Estrategias de Evaluación de lo Aprendido. A continuación se especifican y ejemplifican que actividades podrían ser incluidas dentro de cada clase de estrategia (Díaz y Hernández, 1998).

Cuadro 3. Clasificación de las Estrategias de Enseñanza

<b>ESTRATEGIAS MOTIVACIONALES</b>	<b>ESTRATEGIAS DE FIJACIÓN DE LO APRENDIDO</b>
Correlación con lo real Elogios y censuras Material didáctico Estímulo del ambiente Conocimiento de los objetivos a alcanzar Personalidad del docente Realización de experiencias	Ejercicios y tareas, Trabajo práctico Interrogatorio, Resumen Toma de apuntes, Mapas conceptuales Esquemas, Cuadro sinóptico Guías didácticas, Problemas Estudio de casos, Discusión/Debate Estudio dirigido

<p align="center"><b>Estrategias de transferencia de lo aprendido</b></p> <p>Estudio de casos Proyectos Problemas Toma de decisiones Investigaciones</p>	<p align="center"><b>Estrategias de Evaluación de lo Aprendido</b></p> <p>Estudio de casos, Problemas, Proyectos Diseños/Simulaciones Ensayos Toma de decisiones Debates/Discusiones</p>
<p align="center"><b>Estrategias de Orientación y elaboración de aprendizaje</b> De comunicación directa, Exposición dogmática, Exposición dialogada <b>Lectura en todas sus modalidades, Demostración</b></p>	
<p align="center"><b>De aprendizaje individual</b></p> <p>Fichas Guías de estudio Módulos Autoinstrucción</p>	<p align="center"><b>De aprendizaje en grupo</b></p> <p>Discusión / Debate, Círculo de estudio Panel, Mesa redonda, Simposio/Seminario Foro, Lectura comentada, Estudio de casos Desempeño de roles, Proyecto</p>
<p align="center"><b>Que desarrollan la actitud científica</b> Laboratorio, Proyecto, Trabajo de campo, Problemas, Investigación bibliográfica <b>Informe científico, Monografía, Construcción de modelos y simulación, Pasantías</b></p>	

Fuente: Díaz Y Hernández, 1998

**3.2.4 Estrategias de Aprendizaje.** La estrategia de aprendizaje es el camino para desarrollar habilidades o destrezas que a su vez desarrollan capacidades, por medio de contenidos y métodos / procedimientos (Román, 2004). En otras palabras, son los procesos mediante los cuales el estudiante elige, coordina y aplica los procedimientos para conseguir un aprendizaje significativo.

Las estrategias de aprendizaje requieren de una planificación de las técnicas hacia un fin. y de un metaconocimiento. Así, la actuación estratégica se muestra en: Reflexión, Planificación, Realización, Acumulación, Evaluación.

➤ **Clasificación de las Estrategias de Aprendizaje**

Las estrategias de aprendizaje se pueden clasificar así: 1. de ensayo o recirculación, 2. de información, 3. de elaboración, 4. de organización, 5. de

control de la comprensión (Planificación, Regulación, dirección y supervisión, Evaluación), y 6. de apoyo o afectivos. A continuación se presenta un de clasificación de las estrategias de aprendizaje (Díaz y Hernández, 1998).



Cuadro 4. Clasificación de las Estrategias de Aprendizaje

<p><b>De ensayo o Recirculación de Información</b>                  Repetir contenidos o centrarse en partes claves de él                  Ejemplos: Repetir en voz alta, reglas mnemotécnicas, copiar, descartar, subrayar, tomar notas literales</p>		<p><b>De Elaboración</b>                  Hacer conexiones entre lo nuevo y lo familiar.                  Ejemplos: Parafrasear, resumir, crear analogías, tomar notas no literales, responder preguntas, describir las relaciones, rimas...</p>	
<p><b>De Organización</b>                  Agrupar información para que sea más fácil recordarla.                  Ejemplo: Resumir un texto, esquema, cuadro sinóptico, red semántica, mapa conceptual, estructuras textuales...</p>		<p><b>De Apoyo o afectivos</b>                  Buscar la eficacia del aprendizaje mejorando las condiciones en las que se produce.                  Incluyen: Establecer y mantener motivación                  Enfocar la atención, Mantener la concentración, Manejar la ansiedad                  Manejar el tiempo</p>	
<p><b>De Control de la comprensión</b>                  Permanecer conciente de lo que se está tratando de lograr, seguir pista a estrategias y adaptar la conducta.                  Ejemplo: Planificación, regulación y evaluación.</p>			
<p><b>Planificación</b>                  Establece objetivo y meta                  Selecciona conocimientos previos, Descompone la tarea, Programa calendario                  Prevé el tiempo para realización, recursos y esfuerzo, Selecciona estrat.</p>	<p><b>Regulación, dirección y supervisión</b>                  Formular preguntas                  Seguir el plan                  Ajustar tiempo y esfuerzo                  Modificar y buscar estrategias alternativas</p>	<p><b>Evaluación</b>                  Revisar pasos                  Valorar con objetivos                  Evaluar calidad de resultados                  Decidir cuándo concluir, hacer pausas...</p>	

Fuente: Díaz Y Hernández, 1998

### 3.3 LA METACOGNICIÓN COMO FACTOR FAVORECEDOR DEL APRENDIZAJE

**3.3.1 La metacognición y el control de la propia comprensión.** Entre las fuentes de dificultades en el aprendizaje de las ciencias surge la metacognición. Esta, se refiere al conocimiento que un individuo tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa

relacionada con ellos, es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje (Campanario, 2004). La metacognición es una de las capacidades básicas y uno de los componentes de cualquier aprendizaje y en el pasado esta fue desconocida o ignorada (Kempa, 1991).

Un individuo está implicado metacognitivamente (metamemoria, metaaprendizaje, metaatención, metalenguaje, etc.) si se da cuenta de que tiene más problemas al aprender A que al aprender B, si es consciente de comprobar C antes de aceptarlo como un hecho. La metacognición se refiere, entre otras cosas, al control y la orquestación y regulación subsiguiente de estos procesos (Flavell, 1976)

Debido a que la metacognición se refiere tanto a conocimiento como a procesos, la actividad de la metacognición se manifiesta en el uso de estrategias metacognitivas. Por ejemplo, la identificación de dificultades durante el aprendizaje y la formulación de éstas como un problema, la autoevaluación del grado actual de comprensión de un texto, el autocuestionamiento para comprobar en que medida se domina un tema concreto, la evaluación de las probables dificultades al responder las preguntas de un examen, etc.

Distinguir entre estrategias cognitivas y metacognitivas no es fácil (Swanson, 1990), pues muchas estrategias que se han considerado tradicionalmente como cognitivas son metacognitivamente útiles, pues proporcionan los medios necesarios para controlar el éxito de los esfuerzos del que aprende (Baker, 1991). Por ejemplo, relacionar la información que se está aprendiendo con conocimientos previos es una destreza cognitiva de aprendizaje. Sin embargo, en la medida en que esta estrategia ayude a detectar dificultades de comprensión, puede considerarse metacognitiva.

**3.3.2 Estrategias metacognitivas.** La metacognición implica dos componentes básicos: conocimiento sobre las capacidades cognitivas y regulación de estas (Baker, 1991). Paris, Lipson y Wixson, (1983), sugieren la existencia de una dimensión metacognitiva en todas las estrategias. Según estos autores, existen tres tipos de conocimientos sobre estrategias:

a) Conocimiento declarativo: conocer qué.

b) Conocimiento procedimental: conocer cómo.

c) Conocimiento condicional: conocer cuándo.

Un individuo que solo posea un conocimiento declarativo o procedimental acerca de una estrategia no es capaz de ajustar su conducta al cambio de tarea. Las destrezas metacognitivas son aplicables a cualquier dominio en el que se requieran procesos cognitivos tales como comunicación oral, comunicación escrita, aprendizaje a partir de textos y resolución de problemas. Además, la metacognición es uno de los componentes del aprendizaje autorregulado (Babbs y Moe, 1983); (Costa, 1986); (Novak y Gowin, 1988); (López, 1980); (Spring, 1985); (Zimmerman, 1990); (Zimmerman y Martínez Pons, 1990).

**3.3.3 Estrategia metacognitiva de control de la comprensión en el aprendizaje de las ciencias.** El control de la propia comprensión es una destreza metacognitiva que tiene que ver con el procesamiento de textos. En la aplicación de esta estrategia se desencadenan procesos en los que se actúa sobre las unidades que componen el texto en distintos niveles (Campanario 2004). El control de la comprensión consiste en saber si se entiende o no se entiende. Esta estrategia, aparentemente básica, no

siempre se desarrolla adecuadamente. Es decir, es posible que los alumnos no se enteren de que no se enteran.

Muchas veces los procesos cognitivos de comprensión basados en el empleo del conocimiento previo y en la activación de esquemas por el sujeto que aprende pueden verse dificultados por la interferencia de las concepciones erróneas o por la carencia de esquemas pertinentes para interpretar y acomodar la nueva información (Otero, 1990). Además, el uso de las destrezas metacognitivas puede verse afectado por factores como el contenido de la tarea o el contexto en el que ésta se lleva a cabo (García-Arista, Campanario y Otero, 1996).

En estos casos es importante disponer de un repertorio de estrategias adecuadas de control que permitan detectar fallos en el estado actual de la propia comprensión. Además, si los alumnos no son conscientes de que mantienen concepciones erróneas sobre los contenidos científicos es difícil que tomen alguna postura para clarificar su comprensión (Baker, 1991). En otras palabras cuando los estudiantes conocen el papel de las analogías en el cambio conceptual alcanzan un mayor grado de aprendizaje (Mason, 1994).

**3.3.4 Paralelismo entre las estrategias científicas y las estrategias metacognitivas.** Las capacidades metacognitivas son componentes necesarias en el aprendizaje (Campanario 2004). La metacognición puede concebirse como una ayuda para el aprendizaje, pero también puede y debe constituir un objetivo legítimo del aprendizaje (Novak y Gowin, 1988). La enseñanza de las ciencias es propicia para este propósito (Baker, 1991), además la metacognición aplicada a esta área recibe más atención (Blank, 2000). Al respecto diversas propuestas, son citadas en la literatura.

Baker, (1991) y otros autores mostraron la relación que existe entre destrezas metacognitivas y otros aspectos relacionados con el aprendizaje de las ciencias (Carin y Sand, 1985); (Carter y Simpson, 1978); (Esler y Esler, 1985); (Resnick, 1983). Las destrezas básicas desarrolladas por estudiantes de ciencias incluyen observación, clasificación, comparación, medición, descripción, organización coherente de la información, predicción, formulación de inferencias e hipótesis, interpretación de datos, elaboración de modelos, y obtención de conclusiones (Esler y Esler, 1985); (Carter y Simpson, 1978). Según Baker, existe un paralelismo notable entre algunas de las destrezas básicas anteriores y ciertas estrategias cognitivas y metacognitivas que se necesitan y aplican en el procesamiento de información, especialmente cuando este procesamiento se lleva a cabo a partir de textos.

La formulación de inferencias en el laboratorio requiere al alumno tener en cuenta toda la información disponible. El estudiante debe formular predicciones que le ayuden a completar los datos de que dispone y, como paso final, debe comprobar que las inferencias eran apropiadas. En las etapas anteriores existe un paralelismo con los procesos de formulación y comprobación de inferencias durante las tareas de procesamiento de textos. El aprendizaje a partir de textos es un medio eficaz para fomentar la metacognición (Campanario 2004). Koch, (2001) y Thomas y McRobbie, (2001) tienen propuestas en este sentido para Física y Química respectivamente.

**3.3.5 Control de la comprensión de los alumnos.** Lograr un contexto ideal para el desarrollo de las capacidades metacognitivas no es fácil, así que se debe propiciar una transición que permita buscar una orientación metacognitiva a técnicas docentes y recursos existentes y probablemente utilizados con otros fines (Campanario 2004). Hay escasez de propuestas

para desarrollar las capacidades metacognitivas, aun en los enfoques orientados al cambio conceptual o al aprendizaje como investigación. En diversos trabajos (Campanario, 1998c); (Campanario, 2000); (Campanario, 2001a); (Campanario, 2001b); (Campanario, 2002e) se han intentado sistematizar diversas actividades y enfoques orientados tanto al profesor como al alumno para desarrollar las capacidades metacognitivas de los estudiantes. Alternativamente, Campanario, (2004) lista las siguientes practicas.

El empleo de actividades que siguen el esquema predecir-observar-explicar (Gunstone y Northfield, 1994).

Llevar un diario en el que los alumnos registran las experiencias realizadas en clase, sus concepciones iniciales y los procesos de cambio conceptual. Lo anterior propicia la autoevaluación de los estudiantes del cambio en sus concepciones sobre el aprendizaje (Fulwiler, 1987).

El uso de los mapas conceptuales y los diagramas UVE como recursos útiles tanto para el aprendizaje de los contenidos como para el desarrollo de las capacidades metacognitivas.

El uso de diagramas o cuestionarios estructurados, discutidos en (Gunstone y Mitchel, 1998).

El control de la comprensión se da en fases o etapas. Según Campanario (2004), en el control de la comprensión se pueden distinguir dos etapas bien diferenciadas: evaluación y regulación. En la fase de evaluación se comprueba el estado actual de la propia comprensión. Es en esta fase donde el sujeto descubre que ha encontrado problemas. Una vez que el lector nota que ha encontrado problemas en la comprensión de un texto, se pone en

marcha la fase de regulación en la que generalmente los mejores lectores despliegan una serie de estrategias para remediar los fallos. La evaluación de la comprensión es, pues, un prerrequisito para la regulación. A las fases de evaluación y regulación de la comprensión, algunos autores anteponen una etapa de planificación en la que los lectores seleccionan las estrategias y recursos cognitivos necesarios para lograr las metas de comprensión de acuerdo con el propósito de la lectura.

Las metas de comprensión del lector influyen en la comprensión de un texto (Campanario, 2004). Por ejemplo, los buenos lectores tienden a ajustar su velocidad de lectura y su nivel de exigencia de acuerdo con el objetivo de la tarea de comprensión y las restricciones que se imponen a la misma. Incluso los lectores menos eficientes pueden ser motivados para que presten atención a determinados aspectos de los textos, tal como se demuestra en las investigaciones que se resumen en secciones posteriores.

La comprensión se puede calibrar y medir de diversas formas. Entre los problemas que han sido abordados por la investigación reciente sobre comprensión de textos cabe citar los relativos al control de la propia comprensión. Sabemos que, con frecuencia, los alumnos no se enteran de que no se enteran (Campanario, 1995a), (Campanario, Cuerva, Moya, y Otero, 1997), (Campanario y Otero, 2000a). Cuando un profesor recibe la visita de un alumno con dudas, puede orientarlo para que estudie los contenidos necesarios para entender un concepto o un principio o puede ayudarlo de cualquier otro modo a resolver su problema de comprensión. Cuando un alumno no tiene dudas (o cree que no las tiene) no hay nada que hacer. Como cualquier profesor sabe, muchas veces los alumnos son los primeros sorprendidos por los resultados negativos de los exámenes: creían sinceramente que sabían o comprendían mejor los contenidos de lo que en realidad los sabían o comprendían.

En el contexto de los estudios sobre comprensión de textos, Glenberg y Epstein (1985) explican que existe una pobre "calibración de la comprensión" cuando se produce un desacuerdo entre la actuación de los sujetos y sus expectativas para realizar una determinada tarea relativa al contenido de un texto.

En un estudio típico acerca de la capacidad para calibrar la propia comprensión se hace lo siguiente:

1. Los sujetos leen determinados textos.
2. A continuación, se les pregunta acerca de su confianza en realizar determinada tarea relacionada con el texto. Esta tarea puede consistir en responder preguntas o en formular inferencias a partir del texto (en nuestro caso, se puede incluir una tarea de contestación de cuestiones o resolución de problemas).
3. Los sujetos realizan la tarea.
4. A continuación, se compara la autoevaluación con la actuación real de los sujetos y se da a conocer los resultados.

Este tipo de actividades de calibración de la comprensión puede realizarse fácilmente en clase con los alumnos y tienen la ventaja de que obligan a los alumnos a tomar conciencia de que, a veces, aplican criterios de comprensión poco exigentes o sobreestiman su grado de control de la comprensión.

Existen alumnos que controlan más su comprensión que otros. Entre las estrategias inadecuadas de control de la comprensión que pueden aplicar



los alumnos cabe destacar: 1. No detectar contradicciones aparentes o reales en un texto, 2. No identificar sus propias dudas cuando estudian contenidos escolares, 3. No formular preguntas adecuadas para resolver sus dudas y dificultades.

La evaluación de la comprensión ocurre mediante la aplicación de una serie de criterios de control que operan a distintos niveles dependiendo del origen de los problemas que se encuentren (Campanario, 2004). Así, las diferencias en las demandas cognitivas requeridas para detectar diferentes problemas, la activación y aplicación de los criterios de control puede ser automática en algunos casos, o requerir mayor esfuerzo.

En el nivel de las palabras, cuando aparecen términos desconocidos o palabras familiares pero sin ningún sentido en el contexto usado surgen problemas que se detectan mediante el criterio léxico. El criterio léxico puede ser aplicado de manera automática cada vez que se encuentra una palabra desconocida. Aunque este criterio evalúa la comprensión localmente, es evidente saber que para comprender un texto es necesario entender todas las palabras del mismo.

En el nivel de las frases pueden aparecer problemas derivados de la organización sintáctica y gramatical de las oraciones o problemas relacionados con su significado. Los problemas que tienen que ver con la organización sintáctica o con la gramaticalidad de las frases se detectan mediante la aplicación del criterio sintáctico. Este criterio debe jugar un papel menor en el control de la comprensión dado que, en general, el análisis sintáctico tiene lugar automáticamente como parte de la tarea lectora. Más importante es, en este nivel, el criterio de coherencia proposicional. Este criterio se activa cuando se procesan frases ambiguas que se prestan a varias interpretaciones posibles o cuando se procesan frases cuya relación

con el resto del texto no queda clara. El criterio de coherencia proposicional es el que permite detectar también los pronombres con antecedentes poco claros. La identificación de los antecedentes de los pronombres es una tarea que se lleva a cabo inmediatamente cada vez que se encuentra un pronombre. A diferencia del criterio léxico, la aplicación de los criterios sintáctico y de coherencia proposicional obliga a controlar significados de unidades formadas por varias palabras.

El último de los niveles en el que pueden detectarse problemas de comprensión es el nivel del discurso. En el discurso pueden aparecer problemas cuando se encuentran párrafos sin relación aparente entre sí, párrafos que presentan nueva información que entra en conflicto con los conocimientos previos del lector o párrafos que presentan contenidos contradictorios entre sí. Estos problemas de comprensión se detectan mediante los criterios de cohesión estructural, de consistencia externa y de consistencia interna respectivamente.

La evaluación de la coherencia estructural de un texto se lleva a cabo siempre que se comprueba que todas las proposiciones están relacionadas con la macroestructura de un pasaje. A diferencia de los criterios léxico, sintáctico y de coherencia proposicional, la evaluación de la coherencia estructural de un texto requiere un análisis global del mismo. Cuando este análisis se lleva a cabo, puede ocurrir que, a veces, se detecten frases que "no tienen que ver" con el tema general del pasaje. Las señales y marcadores léxicos y sintácticos de posición en el texto pueden ayudar a identificar la información del mismo como "nueva" o "conocida" y a establecer las apropiadas relaciones de coherencia. Los libros de texto contienen frecuentemente problemas de coherencia estructural.

Los conflictos entre los conocimientos previos del lector y la información que proporciona un texto se detectan mediante la aplicación del criterio de consistencia externa. Tanto niños como adultos activan rutinariamente el conocimiento previo cuando procesan textos. El criterio de consistencia externa permite a los lectores evaluar la veracidad o falsedad de lo que están leyendo de acuerdo con sus propios conocimientos.

El criterio de consistencia interna permite controlar en qué medida las ideas expresadas en un texto son consistentes unas con otras. La evaluación de un texto de acuerdo con el criterio de consistencia interna requiere que el lector integre y compare determinadas proposiciones que se refieren a los mismos antecedentes y no necesariamente son contiguas, a veces es necesario formular inferencias para detectar una falta de coherencia. Los resultados de diversas investigaciones parecen indicar que la aplicación de este criterio no es, en general, automática y suele requerir un esfuerzo deliberado por parte del lector. Este criterio tiene una importancia capital para una lectura crítica: los lectores deben ser capaces de evaluar en todo momento la coherencia interna de lo que estén leyendo. Sin embargo, hay que hacer notar que, muchas veces, los lectores más jóvenes y los menos eficientes llevan a cabo procesos lectores de bajo nivel que se caracterizan por un procesamiento de frases aisladas con una aplicación casi exclusiva del criterio de consistencia externa a dichas frases (no a párrafos completos). En estos casos los sujetos tienden a comprobar la veracidad o falsedad de cada frase aisladamente en vez de formar una representación coherente del texto completo. Los resultados obtenidos por numerosos autores demuestran que no siempre se evalúa correctamente la comprensión, es decir, no siempre los sujetos que procesan textos manipulados en los cuales se han introducido problemas de comprensión, son conscientes de que tienen dificultades de comprensión.

### **3.4 USO DE LIBROS DE TEXTO PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE CIENCIAS**

**3.4.1 Uso eficiente de libros de texto de ciencias.** El libro de texto es uno de los recursos pedagógicos más utilizados en la clase de ciencias (Campanario, 2004). La elección de un libro de texto es, para muchos docentes, la decisión curricular más importante, por ende este instrumento ejerce un efecto poderoso sobre sus enfoques docentes y sobre las estrategias de aprendizaje de los alumnos.

Los libros de texto no son la panacea para enseñar ciencias; sin embargo, su uso estratégico y una actitud positiva que los incorpore como un elemento más de la investigación e innovación curricular, podría contribuir a mejorar la práctica escolar (Cintas, 2000).

Algunas deficiencias conocidas en los libros de texto podrían eliminarse para así mejorar no solo los manuales mismos sino potenciar el uso de los libros de texto como ayuda para que los alumnos aprendan ciencias y así favorecer el aprendizaje significativo.

Según Campanario (2004), algunas de las mejoras que se podrían tener en cuenta en los libros de texto son:

- Deberían permitir diferentes ritmos de aprendizaje, que fomenten el uso de diversidad de fuentes de información o que sean motivadoras (Cintas, 2000).
- Deberían permitir al estudiante explorar por su cuenta los contenidos científicos.

- Permitirían ahorrar mucho tiempo dedicado a la simple copia de apuntes.
- Deberían tener contenidos adecuados y a la par con lo que se desea enseñar.
- Deberían proveer una amplia variedad de actividades poco convencionales orientadas a fomentar el desarrollo de las estrategias metacognitivas (Campanario, 2001b).

Los textos escolares, tradicionales, deberían ser tomados como material en construcción. A pesar de sus deficiencias podrían ser tomados como guía de discusión constructiva hacia practicas de mejoramiento e incluso los errores mismos podrían ser utilizados como referencia para el contraejemplo (Campanario, 2004).

Ante las dificultades que suscita el aprendizaje a partir de textos, Campanario (2004) sugiere dos opciones: mejorarlos o incidir en los alumnos para intentar mejorar sus procesos de comprensión y de control de la comprensión.

La primera opción implica un esfuerzo que supera con creces las posibilidades del profesor. La Psicología Educativa ha proporcionado una base de conocimientos útiles para posibilitar la significatividad de los materiales escritos. Así, la elaboración de manuales debe ser una tarea multidisciplinaria en donde intervengan psicólogos, pedagogos y especialistas en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Campanario, 2004). Para el caso de las geociencias la interacción de físicos, químicos, biólogos y geólogos, además de los arriba mencionados seria altamente provechosa.

La segunda opción requiere del profesor un mayor conocimiento de los problemas de aprendizaje y comprensión y es más beneficiosa para el

alumno ya que las destrezas metacognitivas pueden aplicarse a otros contextos. Este es el enfoque mas recomendado por los expertos del área (Baker, 1991).

Tradicionalmente, los libros de texto de ciencias han sido usados como: a. Fuente de información para alumnos y profesores, b. Fuente de ejercicios y tareas de clase y c. Fuente de preguntas y ejercicios de evaluación. Según Campanario (2004), este uso es limitado y debería extenderse a aplicaciones más imaginativas. Incluso aspectos negativos como los errores, las lagunas en las explicaciones o las visiones deformadas de la ciencia que a veces transmiten; además, podrían utilizarse para favorecer el aprendizaje de los alumnos. Las siguientes son algunas actividades orientadas a este objetivo:

- Identificar visiones inadecuadas o tradicionales sobre la ciencia y sus disciplinas.
- Enfatizar la observación como elemento fundamental y casi suficiente para la generación del conocimiento científico (Método inductivo).
- Desmitificar las visiones idealizadas que se transmiten acerca de los científicos.
- Destacar la realidad del trabajo colectivo de los científicos evitando visiones idealizadas y elitistas.
- Hacer explícitas las preguntas conceptuales que justifican los contenidos.
- Mostrar que cuando los científicos proponen un nuevo concepto lo hacen porque necesitan resolver problemas conceptuales.

- Identificar aspectos contraintuitivos de la descripción científica que entran en conflicto con el sentido común.
- Usar aspectos contraintuitivos de la ciencia en el aula. Por ejemplo, en problemas y ejercicios con el objetivo de favorecer el aprendizaje de los alumnos.
- Explicitar las condiciones de validez de leyes, ecuaciones y definiciones presentadas en las distintas unidades didácticas.
- Generar, clasificar y responder preguntas relacionadas con la lectura previa de un texto.

Esta actividad propuesta en el último apartado puede mejorarse aplicando el método de preguntas y respuestas propuesto por Koch y Eckstein (1991), el cual consiste de tres fases:

1. Lectura de un texto por los alumnos; 2. Generación de preguntas sobre el contenido del texto y 3. Clasificación de las preguntas en tres categorías: A. Preguntas cuya respuesta puede obtenerse a partir del texto; B. Preguntas cuya respuesta puede deducirse a partir de la información del texto y C. Preguntas relacionadas con el contenido del texto, pero que no pueden contestarse ni deducirse a partir de su contenido.

El nivel de control de la comprensión durante el procesamiento de textos depende en gran medida de la disposición con que los lectores afrontan la tarea (Campanario, 1993b); (Campanario, 1995a); (Campanario y Otero, 1991). Es posible, por tanto, conseguir que los alumnos procesen los textos con mayor rigor y sean más conscientes de sus problemas de aprendizaje dado que la aplicación de los criterios de comprensión de más alto nivel no

es un proceso espontáneo sino que requiere un esfuerzo deliberado por el lector.

Para ayudar a los alumnos a saber si saben es conveniente, en primer lugar, conocer sus estrategias de aprendizaje a partir de libros de texto. Ello puede hacerse, por ejemplo, mediante cuestionarios como el mostrado a continuación. Una vez conocidas las estrategias de aprendizaje de los alumnos, se podrían utilizar recursos como mapas conceptuales, diagramas UVE, y autocuestionarios para favorecer las estrategias metacognitivas. Según Campanario (2004), el uso de mapas conceptuales en el aprendizaje a partir de textos ayuda a los lectores a comprender mejor la organización de los conceptos y principios de una lección o de una secuencia de lecciones y sus interrelaciones entre sí. Este instrumento puede utilizarse para extraer y estructurar el significado de los textos expositivos y a explicitar la dependencia jerárquica entre conceptos y principios. Los diagramas UVE pueden utilizarse asimismo en el aprendizaje a partir de textos para hacer explícitas las relaciones entre las componentes metodológicas y conceptuales de una lección.

Cuestionario para conocer las estrategias de aprendizaje (Métodos de estudio preferidos) de los alumnos a partir de libros de texto (Wandersee, 1988)

1. Imagínate que el profesor te pide que leas un tema de uno de tus libros de texto. Supón que te va a examinar acerca del contenido al día siguiente.  
¿Qué método utilizas habitualmente para captar el contenido del tema?.  
Explica tu método preferido.



2. ¿Utilizarías un método diferente para estudiar un tema de un libro de historia que para estudiar un tema de un libro de ciencias?. Si es así explica en qué consisten las diferencias.

3. ¿Estudiarías de manera diferente un nuevo tema dependiendo de que te fuesen a examinar de él mediante un examen de respuesta múltiple o mediante un examen tipo ensayo? Si es así explica en que consisten las diferencias.

4. ¿Construyes con frecuencia tus propios esquemas, diagramas y cuadros cuando lees un nuevo tema?. Si es así, ¿cuál de estos instrumentos te da mejor resultado?

5. ¿Estás todavía probando métodos diferentes de estudio o utilizas un mismo método la mayor parte de las veces?. Explica tu respuesta.

6. ¿Cuál es la respuesta que intentas contestar cuando lees un nuevo tema en un libro de texto (meta de la lectura)?

Wandersee, J.H. (1988) Ways students read text. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (1), 69-84.

Los autocuestionarios son relaciones de preguntas para que los alumnos puedan evaluar su propia comprensión tras una tarea de lectura o aprendizaje a partir de libros de texto. Con estos autocuestionarios se intenta ayudar a los lectores a identificar las ideas principales, la estructura de alto nivel de un texto y los posibles problemas de comprensión.

Autocuestionario para contrastar lo que se ha aprendido en una tarea de estudio independiente a partir de libros de texto.

1. ¿Cuáles son las ideas principales del texto?
2. ¿He encontrado aparentes inconsistencias entre partes diferentes del texto?
3. ¿Puedo repetir el contenido del texto con mis propias palabras?
4. ¿Son "razonables" las afirmaciones o resultados a los que se llega?
5. ¿Hay diferencias entre mis ideas iniciales sobre el contenido del texto y lo que se afirma en él?
6. ¿Qué problemas de comprensión he encontrado?
7. ¿Puedo relacionar el contenido del texto con el de otras lecciones y/o unidades estudiadas anteriormente?
8. ¿Se plantea explícitamente algún problema conceptual en el texto o es una mera exposición de información?
9. ¿Se discuten los límites de aplicabilidad de los conceptos, ecuaciones, principios y/o teorías que se presentan?
10. ¿Se discuten en el texto algunas otras alternativas posibles a la que se presenta?

Otro ejemplo de autocuestionario basado en un programa de instrucción en comprensión lectora Sánchez Miguel, E. (1993) Los textos expositivos (Siglo XXI: Madrid), pág. 234-5

1.1 ¿Sigue el texto hablando de lo mismo?

1.2 ¿De qué trata, ahora, en cada momento, el texto?

1.3 ¿Qué dice el texto de ese tema?

2.1 ¿Podemos quitar algo del texto porque ya lo sabemos o porque se dice lo mismo de varias maneras?

2.2 ¿Hay algo en el texto que se pueda considerar como un ejemplo de algo que ya sabemos?

2.3 ¿Podemos sustituir todo esto por alguna palabra "nuestra" que diga lo mismo?

3.1 ¿Qué organización de las que conocemos se podría corresponder con este texto?

3.2 ¿Dónde están (según los casos) las causas, las consecuencias, los problemas, las soluciones, las fases, las características,...?

Algunos autores han utilizado autocuestionarios para ayudar a los sujetos a evaluar su comprensión. Koch y Eckstein, (1991) intentaron mejorar el grado de control de la comprensión de los alumnos haciendo que se éstos se formularan preguntas específicas sobre los materiales textuales que estudiaban y consiguieron que fueran conscientes de sus dificultades de comprensión. Baker, (1991) describe el trabajo de Roth en este terreno. Este autor utilizó una orientación metacognitiva en el aprendizaje a partir de libros de texto destinada a fomentar el cambio conceptual. Además, instruyó a los sujetos con los que trabajó para que integrasen sus conocimientos previos

con la información del texto. Con ello consiguió que sus pupilos fueran conscientes de las discrepancias entre el texto y sus ideas alternativas e intentasen obtener sentido del mismo. Adicionalmente, los lectores debían identificar las ideas principales y hacer explícita su interrelación. Dewitz, Carr y Patberg, (1987) utilizaron, un esquema general que proporciona una estructura jerárquica de niveles de información que los lectores pueden utilizar para organizar las ideas y para asimilar la información más fácilmente. Además, este esquema general ayuda a establecer relaciones y a formular inferencias entre la nueva información y los conocimientos previos del lector.

➤ **La bibliografía como fuente estratégica de aprendizaje significativo**

A pesar que algunos profesores presenten los apuntes de clase como un material básico de referencia, este debería ser enriquecido con el uso abundante de la bibliografía, para así favorecer un aprendizaje integral y significativo.

El manejo de bibliografía variada es una actividad común en ciencia y es conveniente que los alumnos se acostumbren a ella (Campanario, 2004). Así, en niveles introductorios de universidad es recomendable familiarizar al estudiante en esta práctica.

La bibliografía puede ser clasificarse en: bibliografía general y en bibliografía de apoyo. Esta última se puede dividir según las unidades didácticas en las que se utiliza.

En las primeras clases se debería entregar a los alumnos un conjunto de lecturas incluyendo las referencias más importantes necesarias para la preparación de las asignaturas. Durante el desarrollo del curso se orienta a los alumnos para que estudien las partes correspondientes a los temas que se estén tratando en ese momento.

Las siguientes actividades ilustran el uso que puede hacerse de la bibliografía de apoyo:

- a) Lectura individual y discusión en grupo de artículos y capítulos de libros.
- b) Exposiciones críticas de un tema por los alumnos.
- c) Ampliación de contenidos que no pueden ser tratados con suficiente profundidad en clase.
- d) Ampliación de contenidos para aquellos temas que, sin estar incluidos en el programa, puedan ser de interés para los estudiantes.
- e) Realización de trabajos prácticos.

El estudio de la bibliografía no debe tener una intención, si ocurre lo contrario se podrían tener resultados adversos entre los cuales se pueden citar:

- a) Conseguir interpretaciones de los contenidos diferentes e incluso contrarias a las que pretende el profesor. Esto debido a la inconsciencia de los alumnos sobre la interferencia de sus concepciones epistemológicas en su propio aprendizaje.
- b) Falta de habilidad del estudiante para prestar atención a los aspectos más importantes de los contenidos.
- c) Falta de capacidad de los estudiantes para averiguar el propósito de determinados apartados o desarrollo de ideas erróneas sobre la estructura de los contenidos que estudian.

Para evitar o disminuir la posibilidad de caer en los inconvenientes se puede implementar un marco de referencia en el que se integre la información que se estudia en la bibliografía. Este marco puede consistir en una breve introducción general de los contenidos, en una guía escrita de los aspectos más importantes o un autocuestionario para que los estudiantes analicen con más detalle los aspectos que se consideran más relevantes o más problemáticos. Las dificultades y dudas que surjan se pueden discutir en clase o en horas de tutoría. De esta manera, es posible intervenir en el estudio y procesamiento de los materiales bibliográficos por los alumnos y así evitar los inconvenientes mencionados y superar el abuso que se hace de apuntes tradicionales.

➤ **Evaluación de un libro de texto para elegirlo como un recurso docente**

La elección de los libros de texto por los profesores requieren un análisis riguroso, basado en el uso de instrumentos de evaluación sistemáticos. A continuación se presenta un ejemplo de formulario de evaluación de libros de texto presentado por Campanario, (2004):

## **CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LIBROS DE TEXTO**

### **1. COMPRENSIÓN**

- Ilustraciones claras , adecuadas al contenido.
- Formato atractivo y práctico (impresión, calidad del papel, precio).
- Se destacan los puntos claves.
- Nivel de lectura adecuado al nivel de desarrollo de los alumnos.
- Explicaciones y ejemplificaciones precisas.
- El libro está actualizado.

- Estructura clara y presentación correcta de los contenidos en cada unidad (estructura de alto nivel presente, clara y bien señalada).
- Se utilizan colores, realces y flechas para destacar o separar partes importantes.
- Se presenta la información de manera breve y precisa.

## **2. DIDÁCTICOS**

- Formulación expresa y correcta de objetivos, contenidos y procedimientos que el alumno ha de desarrollar.
- Introducción que capte la atención del alumno, sea motivadora y presente el interés de su aprendizaje.
- Se respeta la concepción del aprendizaje significativo.
- Señalización coherente de contenidos.
- Se presentan actividades iniciales para enlazar con conocimientos previos.
- Las actividades evalúan continua y formativamente el aprendizaje de los alumnos.
- El libro no presenta errores conceptuales.
- Se incluyen actividades válidas para adaptaciones y tratamiento de la diversidad.
- Las actividades son acordes con los contenidos aprendidos.
- Se presentan ejercicios variados, no mecánicos que favorecen el procesamiento de la información.

Además, se puede utilizar una medida más o menos rigurosa del posible nivel de dificultad que presentan los contenidos mediante el análisis del Nivel de Abstracción de los conceptos que aparecen en un libro de texto de ciencias (Myra Vachon, 1991).

**Nivel de Abstracción:**

Fracción (en %) de conceptos no concretos respecto al número total de conceptos que hay en un texto.

**Concepto concreto:**

Se puede experimentar directamente por un científico o un observador experimentado (mesa, silla, roca, cometa).

Se pueden comprender basándonos en nuestra propia experiencia.

**No concreto:**

No pueden experimentarse directamente (átomo, densidad, año luz, tectónica de placas).

Se necesitan inferencias e interviene la creatividad.

**3.5 ANÁLISIS DE EXPERIENCIAS Y CONTRASTACIÓN MEDIANTE PREDICCIONES: ACTIVIDADES PREDECIR-OBSERVAR-EXPLICAR (POE)**

Estas actividades pretenden que los alumnos formulen predicciones, en primer lugar, acerca de determinadas experiencias o demostraciones realizadas en clase y se hace énfasis en el ejercicio de explicitar las razones que determinan sus predicciones. El objetivo es que los estudiantes sean conscientes del papel de los conocimientos previos en la interpretación de los fenómenos (Campanario, 2004). Un segundo paso consiste en desarrollar una experiencia que le permita al alumno contrastar el desarrollo y los resultados de la misma con sus propias predicciones. Finalmente, los alumnos son invitados a explicar las observaciones realizadas, las cuales, en muchos casos, serán distintas a sus predicciones. A lo largo de este proceso



el profesor debe hacer explícitas las relaciones entre las ideas alternativas de sus alumnos y las teorías que permiten explicar adecuadamente las observaciones realizadas durante las experiencias. Gunstone y Northfield, (1994), señalan que este tipo de actividades tienen un marcado carácter metacognitivo en la medida en que pueden ayudar al sujeto que aprende a ser consciente de sus propios procesos cognitivos. De esta manera, los alumnos comprenden que los conocimientos previos guían la observación y a ser conscientes de que sus concepciones sobre el conocimiento científico suelen ser inadecuadas. Además, posibilitan entender el papel de la observación en ciencia: no basta con dar por supuestos los resultados, es preciso contrastarlos.

Con este tipo de actividades se busca incidir en las concepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de las ciencias. Sirven, además, para llamar la atención sobre la persistencia de muchas ideas alternativas y sobre el empleo de metodologías superficiales y heurísticos inadecuados. Las actividades "POE" motivan a los alumnos, les hacen conscientes de que la ciencia es muchas veces contraintuitiva y de que el aprendizaje requiere un cierto esfuerzo de abstracción; a veces, sirven para plantear un problema, lo cual contribuye al logro del aprendizaje significativo (Campanario, 2004).

**3.5.1 Actividades predecir-observar-explicar aplicadas a las practicas de campo (Curso de campo I).** La salidad de campo del curso de estratigrafía de la carrera de geología de la UIS, es un escenario propicio para aplicar la estrategia de actividades POE. Las siguientes actividades busca que los alumnos formulen predicciones (acerca de determinadas experiencias o demostraciones realizadas en clase).

**Actividad dirigida al profesor:** Localice dentro del área de estudio una sucesión vertical de facies grano creciente hacia el tope (preferiblemente

seleccione una sucesión marina de ambiente de plataforma somera, por ejemplo una sucesión siliciclastica de shoreface). Alternativamente, localice una sucesión vertical de facies granodecreciente hacia el tope (preferiblemente una sucesión continental de ambiente fluvial, por ejemplo una sucesión que represente una barra de meandro (point bar).

**Actividad dirigida a los estudiantes:**

1. Observe el afloramiento general representado por la sucesión vertical de facies asignada, tanto en la horizontal como en la lateral.
2. Describa y compare brevemente la geometría de los estratos involucrados en la sucesión, haga énfasis en la parte inferior, intermedia y superior de la sucesión de facies.
3. Cuantifique y compare el cambio de espesor en los estratos ubicados en la parte inferior, intermedia y superior de la sucesión de facies.
4. Observe e identifique y compare las estructuras sedimentarias asociadas a los diferentes niveles estratigráficos de la sucesión de facies.
5. Identifique y compare los tamaños de grano encontrados en los diferentes posiciones estratigráficas arriba mencionadas

**Actividad dirigida al profesor:** Las actividades arriba sugeridas pretenden inculcar la técnica de observación y toma de datos en el alumno. Una vez realizadas estas tareas podemos formular preguntas que permitan al estudiante hacer predicciones y relacionar estas predicciones con lo visto en clase. El estudiante deberá inferir para la secuencia marina que cada vez que el se desplace progresivamente en la vertical:

- Las capas se vuelven mas potentes.
- Las estructuras sedimentarias son diferentes.
- El tamaño de grano aumenta progresivamente.
- Las facies son generadas en condiciones mas someras e implican mas energía.
- Las facies son el resultado de procesos marinos.
- Ambientes y procesos marinos progresivamente mas someros superpusieron ambiente y procesos marinos mas profundos.
- Toda la sucesión de facies con una misma tendencia identifica un mismo evento depositacional.
- La tendencia granocreciente hacia el tope describe el relleno de un espacio con potencial de preservación que decrece hacia el tope.
- La caída del nivel base describe la disminución de la relación espacio de acomodación/suministro de sedimento.
- Las tendencias observadas en ambientes marinos son inversas a las representadas por sucesiones de facies de origen continental.
- Para motivar la generación de predicciones por parte de los alumnos se deberá generar un cuestionario similar al propuesto a continuación:

**Actividad dirigida a los estudiantes:**

- Que procesos representan las facies caracterizadas en los estratos observados?
- Que representa el cambio de tamaño de grano hacia el tope?
- Por que las estratos cambian de espesor?
- Que significa la extensión lateral de los estratos?
- Que tendencia debería tener el nivel base para lograr obtener la sucesión de facies observada?

**Actividad dirigida al docente:**

En esta etapa de debe hacer hincapié en el estudiante para que explique las razones que determinaron sus predicciones. El objetivo es que los estudiantes sean conscientes del papel de los conocimientos previos en la interpretación de los fenómenos (Campanario, 2004).

**Actividades dirigidas al estudiante.**

- ↻ Que tendencias encontró en los cambios de tamaño de grano.
- ↻ Que tipos de sucesiones de facies podrían superponer la sucesión de facies observada?
- ↻ Si caminara lateralmente las capas del afloramiento observado, que pasaria con las capas que constituyen la sucesión estudiada.
- ↻ Como lograría observar un cambio en la sucesión de facies?
- ↻ Cuando ocurriría un cambio en la sucesión de facies?
- ↻ Por que espera que en la dirección de paleodepositacion haya cambios laterales de facies?

☛ Por que en la dirección de rumbo de los estratos, estos permanecen casi invariantes por decenas de kilómetros?

☛ Como sabe si el nivel base ha subido o ha bajado?

☛ Cambiaria su interpretación si utilizara el marco conceptual de la Exxon, en vez del marco conceptual de estratigrafía genética de CSM?

**Actividad dirigida al docente:**

Desarrolle o diseñe una experiencia que le permita al alumno contrastar el desarrollo y los resultados de la misma con sus propias predicciones.

**Actividad dirigida al estudiante:**

1. En una hoja represente, utilizando símbolos, los siguientes ambientes depositacionales: Ambiente fluvial meandrico, Ambiente de llanura costera, Ambiente de shoreface, Ambiente de borde de plataforma.
2. Dibuje un rectángulo cinco veces mas largo que lo ancho y utilice la simbología para asignar y definir un facies tract relacionado con los ambientes arriba definidos.
3. Dibuje de nuevo los facies tracts representados como rectángulos de manera que uno se ubique contiguo con el otro.
4. Verifique que los facies tracts representen una transición lateral apropiada, es decir que exista en la realidad o que teóricamente sea posible.
5. Dibuje la misma transición arriba elaborada y superpóngala a la abajo realizada, solo que ahora desplácela hacia la derecha.un quinceava parte del rectángulo que representa un facies tract .

6. Haga lo mismo cuatro veces mas

**Actividad dirigida a los docentes:**

Invite a sus alumnos a explicar las observaciones realizadas. En muchos casos las observaciones confrontarán las predicciones.

Hacer explícitas las relaciones entre las ideas alternativas de los alumnos y las teorías que permiten explicar adecuadamente las observaciones realizadas durante las experiencias. Por ejemplo: Contrastar visiones de estratigrafía de secuencias (Exxon vs. CSM).

**Actividad dirigida a los estudiantes:**

Compare la distribución lateral y vertical de los facies tracts y compárela con lo observado en campo y las predicciones realizadas.

### **3.6 DISEÑO DE UNIDADES DIDÁCTICAS O CURSOS EN ESTRATIGRAFÍA**

#### **Introducción**

Este apartado presenta la manera como el diseño de una unidad didáctica o de un curso completo podría convertirse en una estrategia de enseñanza aprendizaje que posibilitaría el aprendizaje en estratigrafía. Históricamente las labores de diseño y planeación "programaciones" de los cursos se han convertido mas en una tarea administrativa, perdiendo así los elementos reflexivos y la toma de decisiones que, sin duda, tenían un gran valor de cara a la enseñanza (Pro, 1999, pág. 411).

La simple preparación de la clase diaria, es una tarea que exige un gran esfuerzo por parte del profesor y que se facilitaría siempre y cuando se tuviera un derrotero claro a seguir. Este trabajo conlleva la elección de los contenidos, la organización y secuenciación de los mismos, el diseño de actividades y de posibles tareas extraescolares, la anticipación de las dificultades que pueden encontrar los alumnos, etc. Todas estas componentes se traducen, en definitiva, en una secuencia determinada de acciones. García y Cañal, (1995), afirman que es indispensable complementar los enfoques macro (de orientación teórica y que proporcionan modelos de enseñanza generales) con otros de tipo micro (más orientados a la acción) que, en definitiva, implementen los modelos generales en la dinámica del aula y en las actividades de enseñanza. De ahí que las diversas concepciones sobre la enseñanza y aprendizaje ofrezcan recomendaciones concretas para secuenciar las actividades de clase de acuerdo con sus postulados (Lledó y Cañal, 1993).

Para salir del ámbito administrativo y saltar al pedagógico es necesario tener en cuenta que la elaboración de unidades didácticas o cursos de ciencias requieren una serie de pasos a seguir. En la literatura hay varias propuestas acerca de la manera de diseñar unidades didácticas. Por ejemplo, Sánchez y Valcárcel (1993) proporcionan una serie de recomendaciones al respecto y proveen ejemplos prácticos de su aplicación (Sánchez, Pro y Valcárcel, 1997). El modelo propuesto incluye cinco componentes: 1. análisis científico, 2. análisis didáctico, 3. selección de objetivos, 4. selección de estrategias didácticas y selección de estrategias de evaluación.

Una vez fijados los objetivos se proponen procedimientos para cada una de las componentes anteriores. Por ejemplo, 1. Para el análisis científico se requiere un proceso de selección de contenidos y de delimitación de los esquemas conceptuales, de los procedimientos científicos y de las actitudes.

2. En el análisis didáctico hay que averiguar las ideas alternativas de los alumnos, analizar las exigencias cognitivas de los contenidos y delimitar las implicaciones para la enseñanza. 3. Para la selección de estrategias didácticas, se sugiere el diseño de una secuencia global de enseñanza, el diseño de actividades y la elaboración de materiales de aprendizaje. Un ejemplo de aplicación puede encontrarse en (García, Pro y Saura, 1995).

En otra propuesta, Sanmartí, (2000) divide las actividades que se pueden incluir en el desarrollo de las unidades didácticas en las siguientes categorías

a) Actividades de iniciación: orientadas a la exploración, explicitación de ideas, planteamiento de problemas o hipótesis iniciales.

b) Actividades para promover la evolución de modelos iniciales, de introducción de nuevas variables, identificación de otras formas de observar y de explicar o de reformulación de problemas.

c) Actividades de síntesis: Orientadas a la elaboración de conclusiones y a la estructuración de los conocimientos.

d) Actividades de aplicación, transferencia a otros contextos y/o generalización.

En una línea diferente, pero complementaria, Villani y Orquiza, (1995) proponen implementar en el diseño de cursos el uso de experimentos cualitativos como medio de crear conflictos cognitivos en los alumnos. Los conflictos externos tienen su origen en una divergencia entre los modos de ver del sujeto que aprende y elementos externos a él como son el resultado de un experimento, los contenidos de un libro de texto o la explicación de un profesor. Los conflictos internos tienen su origen en una divergencia entre



elementos cognitivos propios de los alumnos, como son sus ideas, sus exigencias epistemológicas o cognitivas o su ecología conceptual. Villani y Orquiza, (1995) aconsejan estrategias tales como evitar el exceso de información, estimular las preguntas de los alumnos, insistir en las condiciones de validez de sus afirmaciones, soslayar los problemas poco maduros, distinguir las situaciones problemáticas, etc.

Durante el diseño y el desarrollo de las unidades didácticas, un profesor debe tomar decisiones que impactaran altamente en lograr la construcción de conocimiento por parte de los alumnos. Según Campanario (2004), el docente debe tomar decisiones sobre:

- Objetivos que se persiguen con la unidad didáctica.
- Tiempo estimado en el desarrollo de la unidad.
- Selección de contenidos.
- Estructuración y organización de contenidos.
- Actividades de desarrollo de la unidad didáctica.
- Posibles incidencias que puedan surgir.
- Posibles actividades de evaluación.

Enseguida se presenta un ejemplo de diseño de una unidad didáctica o curso en estratigrafía, cuya estructura podría ser implementada paulatinamente en el diseño de otros curso en geología.

**Universidad Industrial de Santander**

**Profesor: Marco Idelfonso Alvarez Bastos**

**Programa de Actividades de Aula y Extra Aula**

**Curso de Estratigrafía**

**Nota:** Los comentarios que aparecen después de la descripción de cada actividad son dirigidos exclusivamente a los profesores.

### **Introducción**

La estratigrafía es considerada como la disciplina central de la geología. Esta aseveración se hace realidad cuando se entiende que es la disciplina encargada de estudiar las relaciones espacio temporales existentes entre los cuerpos rocosos existentes en un planeta dado. Dos preguntas fundamentales en torno a esta disciplina podrían considerarse 1. ¿Cuales son las relaciones espacio-temporales entre los cuerpos rocosos observados? 2. ¿Cuál es el origen de los cuerpos rocosos observados?. Gran parte del conocimiento generado en estratigrafía ha sido el resultado de respuestas a estas inquietudes. Por medio de este curso, se pretende estimular al estudiante a construir conocimiento sobre la manera de organizar el registro estratigráfico en espacio y tiempo, utilizando la correlación como técnica orientadora de nuestro ejercicio científico.

### **Objetivo**

Mediante el desarrollo del tema "Correlaciones estratigraficas" se pretende revisar conceptos fundamentales en sedimentología y estratigrafía para así ganar un contexto teórico que posibilite organizar el registro estratigráfico en un contexto espacio temporal. Así mismo se pretende mostrar la utilidad práctica de la correlación como técnica invaluable en la implementación de un análisis estratigráfico y como ejercicio practico de lo que una investigación científica puede ser.

### **Criterio de diseño**

El diseño de este curso esta fundamentado en la propuesta de Sanmartí, (2000) la cual supone la realización de actividades en las siguientes categorías.

- a) Actividades de iniciación: orientadas a la exploración, explicitación de ideas, planteamiento de problemas o hipótesis iniciales.
- b) Actividades para promover la evolución de modelos iniciales, de introducción de nuevas variables, identificación de otras formas de observar y de explicar o de reformulación de problemas.
- c) Actividades de síntesis: Orientadas a la elaboración de conclusiones y a la estructuración de los conocimientos.
- d) Actividades de aplicación, transferencia a otros contextos y/o generalización.

### **Contenidos: Temas y Subtemas**

El tema central a abordar en este curso es la correlación crono estratigráfica como técnica para organizar el registro estratigráfico en un contexto espacio tiempo.

Los subtemas a abordar son:

- Concepto de Facies
- Leyes de Gressly
- Ley de correlación de Walter
- Concepto de Correlación
- Concepto de Nivel Base

Concepto de Patrón de Estacado

Concepto de Partición Volumétrica de Sedimento

Concepto de Diferenciación Geomorfológica de Facies

Herramientas que facilitan la correlación.

### **Problemática a abordar**

Como lograr realizar una correlación cronoestratigráfica robusta utilizando el marco conceptual de estratigrafía genética de alta resolución (Escuela de Colorado School of Mines, Cross y otros).

### **Programa por actividades para tratar la problemática asociada al curso**

#### **Actividad 1. Actividades de ambientación del curso y establecimiento de acuerdos para su desarrollo.**

**Duración:** Una Semana

Actividad 1a. En grupos de máximo cuatro personas, demos a conocer nuestro nombre, pasatiempo favorito, nivel académico, dificultades encontradas hasta el momento en la carrera, logros o reconocimientos logrados. Incluye al docente.

Actividad 1b. Concertemos actividades de logística del curso. Horario, condiciones de puntualidad, condiciones de entrega de previos, trabajos, laboratorios, horario de consulta, código de honor.

Actividad 1c. Digamos que expectativas tenemos acerca de la materia, que se dice del docente, para que situaciones prácticas nos sirva tener conocimientos prácticos y teóricos sobre estratigrafía.

Actividad 1d. Respondamos a la siguiente pregunta: Existe alguna relación entre la sedimentología y la estratigrafía?

Actividad Extra clase. Responder el siguiente cuestionario.

En el cuadro siguiente se presenta un cuestionario para estudiar las ideas de los alumnos sobre la ciencia y el aprendizaje de la ciencia (Tomado de Campanario, 2004)

Sexo:

Edad:

Carrera:

Curso:

¿Por qué has elegido esta carrera?

¿Por qué has elegido esta asignatura?

1. El conocimiento científico se genera en un proceso que comienza en la observación.
2. Un científico debería rechazar las teorías que fuesen inconsistentes con los datos experimentales.
3. Los conceptos científicos son invenciones del investigador.
4. Los científicos cambian fácilmente sus puntos de vista ante la evidencia de que una nueva teoría es mejor que una antigua.
5. El contexto social influye poco en la generación del conocimiento científico por los investigadores.

6. Los modelos teóricos elaborados por los científicos, como por ejemplo los modelos atómicos, pretenden describir lo más exactamente posible la realidad.
7. Los mejores científicos son los que siguen en sus investigaciones las etapas del método científico lo más escrupulosamente posible.
8. En general, resolver problemas es más difícil que aprender la teoría.
9. Muchas veces sé la teoría pero no sé cómo aplicarla a los problemas.
10. La mayor dificultad al resolver problemas es que muchas veces no entiendo realmente qué pide el enunciado.
11. Suelo comprobar que el resultado de los problemas es coherente con el enunciado .
12. La mejor forma de resolver un problema es averiguar la ecuación o ecuaciones que hay que aplicar .
13. Si se conocen los conceptos fundamentales implicados en un problema, es muy fácil resolver dicho problema .
14. Es fácil deducir o descubrir las ideas más importantes de un texto o de una lección de ciencias
15. Me ayuda más hacer un esquema de un texto o de una lección que hacer un resumen .

16. En general, las prácticas de laboratorio de la Universidad exigen conocer la teoría .
17. Se aprende mucho con las prácticas de laboratorio .
18. Generalmente es muy fácil averiguar el objetivo de una práctica si se lee el guión .
19. La teoría se aprende mejor si se separa de las prácticas o de los problemas .
20. Cuando se estudia un tema es fácil darse cuenta de cuales son las cosas que no se entienden .
21. A veces suspendo un examen a pesar de que creía que sabía bien la asignatura .
22. Si pudiera volver a empezar los estudios universitarios elegiría otra carrera .
23. Aprender ciencias sirve para desarrollar un espíritu crítico ante otros temas .
24. Las carreras de humanidades son más apropiadas para conseguir una "cultura general" que las de ciencias .
25. El trabajo en grupo ayuda a aprender ciencias .
26. Un inconveniente del trabajo en grupo es que empiezan a surgir dudas en las que no había reparado inicialmente.

27. La información almacenada en la memoria está formada por trozos o bloques independientes.
28. A veces aprendo las cosas de memoria para intentar entenderlas luego .
29. Las cosas que se aprenden de memoria se recuerdan durante mucho tiempo.
30. Intentar aprender las cosas entendiéndolas da siempre mejores resultados en los exámenes que aprenderlas de memoria.
31. La mejor forma de aprender a estudiar las ciencias es a base de la propia experiencia personal en una carrera.
32. La dificultad mayor al aprender ciencias es el vocabulario especializado.
33. En general, me resulta muy fácil relacionar los conocimientos científicos con la realidad cotidiana.
34. Me gusta estudiar por unos apuntes más que por varios libros.
35. Cuando no entiendo algo intento interpretarlo de acuerdo con lo que ya he aprendido.
36. Tan importante como aprender los conceptos científicos es aprender los modos de razonamiento propios de la ciencia.
37. Generalmente estudio con mayor o menor profundidad dependiendo de la asignatura.



Nota: El cuestionario cubre diversos aspectos relacionados con el aprendizaje de las ciencias de acuerdo con los bloques siguientes:

- Aspectos generales: datos demográficos sobre los alumnos y razones para elegir la carrera y la asignatura.
- Ideas sobre la naturaleza de la ciencia (preguntas 1 a 7).
- Ideas y estrategias de resolución de problemas (preguntas 8 a 13 y, en parte, 19).
- Aprendizaje a partir de textos (preguntas 14 y 15).
- Prácticas de laboratorio (preguntas 16 a 19).
- Metacognición (preguntas 20 y 21).
- Actitudes hacia la carrera y hacia las ciencias (preguntas 22 a 24).

**Nota:** Con esta actividad se pretende romper el hielo entre el docente y los alumnos, se conocen las partes, se concertan las estrategias de evaluación y se repasan brevemente algunos conceptos básicos que permiten entrar en calor con la temática a discutir.

## **Actividad 2. Cuestionario en clase: lluvia de ideas y discusión.**

**Duración:** Dos Semanas.

- Como se distribuyen los ambientes sedimentarios de Esta a Oeste en Colombia?

- Como se distribuyen desde el nacimiento del río Magdalena hasta 100 km después de su desembocadura?
- Que conoce sobre el concepto de facies?
- Como se preservan en el tiempo los sedimentos depositados?
- Como saber la manera como los ambientes sedimentario se preservan en el registro geológico?

**Nota:** Con esta actividad el estudiante es estimulado a repasar temas vistos en clases anteriores, expresa su comprensión de los mismos y contextualiza el bagaje teórico para usarlo posteriormente de una manera práctica.

**Actividad 3. Exposición de estudiantes sobre preguntas las cuales son basadas en artículos asignados para lectura controlada.**

**Duración:** Dos Semanas.

- Que observa Gressly en las rocas que estudio y como lo expresa en la formulación de leyes?
- Que observa Walter en su estudio y como es expresado en la literatura actual?
- Cuales son los contextos dados al concepto de facies y que procedimiento podría implementar para caracterizar facies?

**Nota:** Se hace una distribución de grupos de manera que en el tiempo asignado se logre cumplir con la actividad. Con esta actividad se estimula al

estudiante a buscar respuestas, a investigar, a la formación de un marco teórico que le posibilite argumentar y discutir formalmente y que le ayude a construir referentes los cuales eventualmente pueden ser modificados o reforzados.

**Lecturas:** Bibliografía

Teichert, C., 1958, Concepts of facies: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 42, p. 2718-2744. (Read p. 2718-2731.)

Middleton, G.W., 1973, Johannes Walther's Law of the Correlation of Facies: Geological Society of America Bulletin, v. 84, p. 979-988. (Read p. 979-983.)

Cross, T.A., and Homewood, P.W., 1997, Amant Gressly's Role in Founding Modern Stratigraphy: Geological Society of America Bulletin, v. 109, p. 1617-1630.

**Actividad 4: Seminario basado en preguntas y lecturas asignadas.**

**Duración:** Cuatro semanas

- Que observamos en el registro estratigráfico?
- Como interpretamos el registro estratigráfico?

***Para que realizamos un análisis estratigráfico?***

Proyección de una película sobre reconocimientos de deltas antiguos. AAPG FILM.

Clases magistrales por parte del profesor acerca de la temática propuesta:

- Asignación de trabajos de laboratorio acordes a la temática propuesta.
- Ejecutar Laboratorios 1 a 4.

**Nota:** Con esta actividad se pretende abordar las concepciones epistemológicas de los estudiantes y hacerles caer en cuenta que sus ideas previas y sus concepciones son la base de construcción de un conocimiento robusto siempre y cuando sean realimentadas apropiadamente por parte del orientador y sean controladas por parte del estudiante mismo (metacognición).

**Evaluación:** Al final de esta actividad se debe ejecutar la evaluación parcial 1 cuyo enfoque podría ser principalmente teórico. Se pretende motivar a la investigación sobre conceptos relacionados con estratigrafía de secuencias no necesariamente abordados en clase. Esta actividades es complementaria a las labores realizadas y no pretenden medir memoria.

#### Bibliografía

Barrell, J., 1912, Criteria for the recognition of ancient delta deposits: Geological Society of America Bulletin, v. 23, p. 377-446. (Read p. 395-401.)

Cross, T.A., and Lessenger, M.A., 1998, Sediment volume partitioning: rationale for stratigraphic model evaluation and high-resolution stratigraphic correlation, *in* F.M. Gradstein, K.O. Sandvik, and N.J. Milton, eds., Sequence Stratigraphy—Concepts and Applications: NPF Special Publication 8, p. 171-195. (Read p. 171-180; 189-193.)

- Sloss, L.L., 1963, Sequences in the cratonic interior of North America: Geological Society of America Bulletin, v. 74, p. 93-114. (concentrate on pp. 93-95; 109-112)
- Wheeler, H.E., 1963, Post-Sauk and pre-Absaroka Paleozoic stratigraphic patterns in North America: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 47, p. 1497 -1526. (concentrate on p. 1497-1503)
- Mitchum, R.M., Jr., Vail, P.R., and Thompson, S., III, 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis: American Association of Petroleum Geologists Memoir 26, p. 53-62.
- VanWagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., and Hardenbol, J., 1988, An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions, *in* Wilgus, C.K., and others, Sea-level changes—An integrated approach: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Paper 42, p. 39-45.
- Sloss, L.L., 1988, Forty years of sequence stratigraphy: Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 1661-1665.
- Murphy, M.A., and International Subcommittee on Stratigraphic Classification, 1988, Unconformity-bounded stratigraphic units: Discussion and Reply: Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 155-156.
- Walker, R.G., 1990, Facies modeling and sequence stratigraphy: Journal of Sedimentary Petrology, v. 60, p. 777-786.

Embry, A.F., 1995, Sequence boundaries and sequence hierarchies: problems and proposals, *in* R.J. Steel, et al., eds., Sequence stratigraphy on the northwest European margin: Norsk Petroleums-forening Special Publication 5, p. 1-11.

### **Actividad 5: Trabajo Teórico Practico**

**Duración:** Cuatro Semanas

- Como se realiza un análisis estratigráfico?
- Revisión de corazones en instalaciones del ICP, Salida de práctica a campo.

**Nota:** Por medio de esta actividad se pretende mostrar de manera práctica y mediante un problema real el ejercicio científico que realizan los estratígrafos al realizar un análisis estratigráfico. De manera práctica se pretende reforzar en el estudiante conceptos teóricos logrados en clases anteriores e introducirlo en los aspectos del modelo de resolución de problemas como una actividad de investigación enfrentándolos a una situación que ya han enfrentado no solo en otras materias sino en este curso.

**Evaluación:** Como actividades de evaluación es necesario revisar la manera como los estudiantes abordaron el problema de describir el intervalo de corazón asignado, como enfrentan la tarea de realizar una correlación sencilla y las actitudes y procedimientos que muestran y emplean a la hora de enfrentarse a un trabajo de campo.

## Bibliografía

Grabau, A.W., 1924, *Principles of Stratigraphy*: Dover, Toronto, Ontario, 1185 p. (Dover facsimile edition published in 1960 of the last edition of Grabau's work published in 1924. Read p. 723-745. Grabau originally published these ideas in 1906.)

Curray, J.R., 1964, Transgressions and regressions, *in* R.L. Miller, ed., *Papers in Marine Geology*: Macmillan Co., New York, p. 175-203. (Read p. 175-179; skim p. 191-200.)

Sloss, L.L., 1962, Stratigraphic models in exploration: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 46, p. 1050-1057.

Cross, T.A., 1988, Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, U.S.A., *in* Wilgus, C.K., and others, *Sea-level changes—An integrated approach*: *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication* 42, p. 371-380.

Rich, J.L., 1951, Three critical environments of deposition and criteria for recognition of rocks deposited in each of them: *Geological Society of America Bulletin*, v. 62, p. 1-20. (Read p. 1-9; 14-16.)

Van Sicken, D.C., 1958, Depositional topography—Examples and theory: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 42, p. 1897-1913.

Busch, D.A., 1974, Stratigraphic traps in sandstones—Exploration techniques: *American Association of Petroleum Geologists Memoir* 21, 174 p. (Read p. 7-30. Note date of his initial publication—1959—which

contains the essence of the concepts summarized in this later review. Also note that between 1959 and 1971, he changed his terminology from “genetic sequence” to “genetic increments of strata.” I prefer and have adopted usage of the former.)

Frazier, D.E., 1974, Depositional-episodes: Their relationship to the Quaternary stratigraphic framework in the northwestern portion of the Gulf Basin: University of Texas at Austin Bureau of Economic Geology, Geological Circular 74-1, 28 p. (Read p. 1-16.)

van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M., Campion, K.M., and Rahmanian, V.D., 1990, Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for high-resolution correlation of time and facies: American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series, No. 7, 55 p. (Read p. 1-13.)

### **Actividad Seis: Aplicación de las correlaciones en la industria del petróleo**

Escritura de un artículo sobre esta temática basado en publicaciones nacionales e internacionales.

Cross, T.A., 1988, Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, U.S.A., *in* Wilgus, C.K., and others, Sea-level changes—An integrated approach: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, p. 371-380. (Review from week 6, Genetic Sequences)

Cross, T.A., Baker, M.R., Chapin, M.A., Clark, M.S., Gardner, M.H., Hanson, M.S., Lessenger, M.A., Little, L.D., McDonough, K.J., Sonnenfeld, M.D.,



- Valasek, D.W., Williams, M.R., and Witter, D.N., 1993, Applications of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis, *in* R.Eschard, and B. Doligez, eds., *Subsurface Reservoir Characterization from Outcrop Observations: Proceedings of the 7th IFP Exploration and Production Research Conference: Paris, Technip*, p. 11-33.
- Ryer, T.A., 1981, Deltaic coals of the Ferron Sandstone Member of Mancos Shale: Predictive model for Cretaceous coal-bearing strata of Western Interior: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 65, p. 2323-2340.
- Curtis, D.M., 1981, Miocene deltaic sedimentation, Louisiana Gulf Coast, *in* J.P. Morgan, ed., *Deltaic sedimentation—Modern and ancient: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 15*, p. 293-308.
- Bridge, J.S., and Leeder, M.R., 1979, A simulation model of alluvial stratigraphy: *Sedimentology*, v. 26, p. 617-644.
- Ross, W.C., 1990, Modeling base level dynamics as a control on basin fill geometries and facies distribution: A conceptual framework, *in* T.A. Cross, ed., *Quantitative Dynamic Stratigraphy: Prentice-Hall, New York*, p. 387-399.
- Gardner, M.H., 1993, Sequence stratigraphy and facies architecture of the Upper Cretaceous Ferron Sandstone Member of the Mancos Shale, East-Central Utah: unpub. Ph.D. diss., Colorado School of Mines, 528 p. (Read Chapter 3)

Carter, R.M., Abbott, S.T., Fulthorpe, C.S., Haywick, D.W., and Henderson, R.A., Application of global sea-level and sequence-stratigraphic models in Southern Hemisphere Neogene strata from New Zealand, in D.I.M. Macdonald, ed., Sedimentation, tectonics and eustasy: International Association of Sedimentologists Special Publication 12, p. 41-65. (note especially fig. 5 where they consider changes in volumetric partitioning and sequence geometries as function of changes in controlling variables.)

Fulthorpe, C.S., 1991, Geological control on seismic sequence resolution: *Geology*, v. 19, p. 61-65. (Kind of a funny paper; most devoted to simple statement that the higher the sediment-filled accommodation the higher the stratigraphic resolution. Yet, the most important part of the paper concerns the evolution of stratal geometries from ramp to platform as function of internal stratigraphic controls.)

Eberli, G.P., and Ginsburg, R.N., 1987, Segmentation and coalescence of Cenozoic carbonate platforms, northwestern Great Bahama Bank: *Geology*, v. 15, p. 75-79.

Sonnenfeld, M.D., and Cross, T.A., 1993, Volumetric partitioning and facies differentiation within the Permian Upper San Andres Formation of Last Chance Canyon, Guadalupe Mountains, New Mexico, *in* R.G. Loucks and J.F. Sarg, eds., Carbonate sequence.

Cross, T.A., Baker, M.R., Chapin, M.A., Clark, M.S., Gardner, M.H., Hanson, M.S., Lessenger, M.A., Little, L.D., McDonough, K.J., Sonnenfeld, M.D., Valasek, D.W., Williams, M.R., and Witter, D.N., 1993, Applications of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis, *in* R. Eschard, and B. Doligez, eds., Subsurface Reservoir Characterization from Outcrop

Observations: Proceedings of the 7th IFP Exploration and Production Research Conference: Paris, Technip, p. 11-33.

Gardner, M.H., Cross, T.A., and Levorsen, M., unpublished, Stacking patterns, sediment volume partitioning and facies differentiation in shallow-marine and coastal-plain strata.

Anderson, D.S., and Cross, T.A., in press, Large-scale architecture and stacking patterns in continental strata of the Hornelen basin (Devonian), western Norway.

Sonnenfeld, MD., and Cross, T.A., 1993, Volumetric partitioning and facies differentiation within the Permian Upper San Andres Formation of Last Chance Canyon, Guadalupe Mountains, New Mexico, *in* R.G. Loucks and J.F. Sarg, eds., Carbonate sequence stratigraphy—Recent developments and applications: AAPG Memoir 57, p. 435-474.

McDonough, K.J., 1997, Stratigraphic architecture of the Vercors carbonate margin (SE France): Linked clinoform geometries and facies differentiation: unpublished Ph.D. thesis, Colorado School of Mines, 145 p. (Read Chapter 2)

Cross, T.A. and Kusumanegara, Y., unpublished, Stratigraphic Controls on Petrophysical Attributes and Fluid-Flow Pathways in an Exhumed Fluvial Reservoir

Ramon, J.C., and Cross, T.A., in press, Correlation strategies and methods in continental strata, Middle Magdalena basin, Colombia.

Ramon, J.C., and Cross, T.A., 1997, Characterization and prediction of reservoir architecture and petrophysical properties in fluvial channel sandstones, Middle Magdalena Basin, Colombia: Ciencia, Tecnologia y Futuro, v. 1, no. 3, p. 19-46.

Caldes, B., 1998, Genetic stratigraphic interpretation of Upper Cretaceous continental strata, Mesaverde Formation, Rio Blanco County, northwestern Colorado, unpublished M.S. thesis, Colorado School of Mines, 148 p. (Read Chapter 3).

## **Evaluación**

Reporte semanal de actividades. Que aprendió, que anda mal.

Evaluación Parcial 1. Enfoque teórico, investigar sobre conceptos relacionados con estratigrafía de secuencias no necesariamente abordados en clase. Actividades de complemento. A realizar al final de la octava semana.

Evaluación Parcial 2. Enfoque practico, solucionar un problema de correlación. A realizar la 15 semana.

Articulo de Investigación sobre temática de interés (Ver anexo, temas sugeridos).

Promedio de 8 a 10 informes de laboratorio los cuales son realizados a lo largo del curso

Informe de práctica de campo.

Autoevaluación.

### **Indicadores de enseñanza**

- El profesor utilizo medios audiovisuales diferentes a lo largo del curso
- El profesor presento un programa de la materia y lo explico
- El profesor presento y propicio la construcción de conceptos sobre las siguientes tematicas
- Concepto de Facies
- Leyes de Gressly
- Ley de correlación de Walter
- Concepto de Correlación
- Concepto de Nivel Base
- Concepto de Patrón de Estacado
- Concepto de Partición Volumétrica de Sedimento
- Concepto de Diferenciación Geomorfologica de Facies

### **Herramientas que facilitan la correlación**

El profesor propicio la conexión de los conceptos arriba mencionados

### **Indicadores de aprendizaje**

#### **Declarativos**

***El estudiante maneja conceptos sobre principios de continuidad lateral, superposición, entrecruzamiento, inclusión***

El estudiante posee conceptos de trabajo practico sobre Facies, Leyes de Gressly, Ley de correlación de Walter, Correlación, Nivel Base, Análisis de Patrón de Estacado, Partición Volumétrica de Sedimento y Diferenciación Geomorfologica de Facies.

### **Procedimentales**

El estudiante esta en capacidad de:

- Levantar una columna estratigráfica a escala del centímetro
- Caracterizar facies, agrupar facies, distinguir facies, asociar un grupo de facies e interpretarlo en términos de ambientes depositacionales.
- Identificar, en la vertical los principales cambios ambientales en las sucesiones de facies y asociarlos a desplazamientos de un ambiente sobre el otro.
- Realizar un análisis de patrón de estacado en una dimensión y extenderlo a dos o tres dimensiones.
- Asociar los cambios en las sucesiones verticales de facies a cambios en la relación: Espacio de acomodación/ suministro de sedimento (A/S).
- Relacionar las tendencias de variación de A/S con las tendencias de caída o subida del nivel base.
- Reconocer como el sedimento se ha particionado y su relación con los cambios de nivel base.
- Reconocer el cambio geomorfológico como consecuencia de un control estratigráfico y su implicación en la generación de facies que permiten la caracterización paleoambiental en un contexto de fluctuaciones de nivel base.

### **Actitudinales**

- El estudiante respeta la opinión de los demás y mantiene siempre una actitud reflexiva y crítica ante las mismas.
- El estudiante revisa los datos proporcionados y genera una serie de hipótesis de trabajo.
- El estudiante predice nuevas situaciones y las usa para tratar de falsear las hipótesis propuestas o formuladas.
- El estudiante luce seguro a la hora de trabajar en labores de correlación, es metódico, crítico y tiende a generar preguntas que intentan invalidar los modelos formulados.

### **Recursos**

Entre los recursos que pueden ser usados en la enseñanza y el aprendizaje de la estratigrafía en un contexto académico se pueden mencionar: 1. La Historia de la Ciencia, 2. Los libros de texto, 3. La resolución de problemas, 4. Mapas conceptuales y diagramas UVE, 4. Ordenadores, 5. El trabajo de laboratorio

## CONCLUSIONES

El carácter de la geología como ciencia empírica: natural e histórica, requiere de los docentes que reconozcan la importancia de formar a los estudiantes de geología en un contexto científico. Los docentes deben mediante estrategias de enseñanza y aprendizaje, mediar para hacer comprender a los alumnos su quehacer científico

El estudiante y el profesional de las geociencias debe ser conciente del papel protagónico que tiene en el proceso mediado de enseñanza-aprendizaje de la ciencia. Su disposición e intencionalidad para aprender a aprender ciencia y controlar el desarrollo y evolución de su propio aprendizaje será fundamental al momento de desempeñarse eficientemente en las labores prácticas, en el ejercicio de su profesión como geocientífico.

Los estudios sobre las concepciones epistemológicas sobre ciencia y aprendizaje que manejan maestros y aprendices, así como los postulados de la teoría de aprendizaje de Piaget, incluso sus aportes sobre los estadios de desarrollo cognitivo y las tesis que fundamentan la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel se constituyen en el sustento de la propuesta de estrategias de enseñanza y aprendizaje en Sedimentología y Estratigrafía presentada en esta propuesta.

El uso eficiente de libros textos, la metacognición, los análisis de experiencias y contrastación mediante predicciones: actividades predecir-observar-explicar (POE) y el diseño de unidades didácticas son algunas de las estrategias de enseñanza aprendizaje propuestas para potenciar el aprendizaje real de los alumnos de estratigrafía y sedimentología de la UIS. Estas estrategias posibilitaran en un futuro cercano hacer seguimiento a los



cambios actitudinales y procedimentales que se generen en los estudiantes de las asignaturas mencionadas.

## REFERENCIAS

Anderson, B. (1986) The experimental gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8, 155-171.

Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; Hanesian, H. (1983) *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*, Editorial Trillas: México.

Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; Hanesian, H. (1983) *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*, Editorial Trillas: México.

Babbs, P.; Moe, A. (1983) Metacognition: Key for independent learning from text. *Reading Teacher*, 36, 422-426.

Bak, P., and Chen, K., 1991, Self-organized criticality: *Scientific American*, v. 265 (January), p.46-53.

Baker, L. (1985b) Differences in the standards used by college students to evaluate their comprehension of expository prose. *Reading Research Quarterly*, 20, 297-313.

Baker, L. (1991) Metacognition, reading and science education. En C. M. Santa, D. Alvermann (Eds.) *Science learning: Processes and applications*, International Reading Association: Newsdale, Delaware-EE.UU.

Baron, J. (1993) Nonconsequentialist decisions. *Psychology*, (revista electrónica) <http://www.cogsci.soton.ac.uk/bbs/archive/bbs.baron.html>.

Blank, L. (2000) A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding?. *Science Education*, 84, 486-506.

Campanario, J.M. (1993b) El control de la comprensión en el aprendizaje de textos científicos. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá: Alcalá de Henares.

Campanario, J.M. (1995a) Los problemas crecen: a veces los alumnos no se enteran de que no se enteran. *Aspectos didácticos de Física y Química (Física) 6*, ICE, Universidad de Zaragoza: Zaragoza, 87-126. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M. (1995d) Concepciones erróneas en el área de Mecánica de varios grupos de estudiantes universitarios nicaragüenses. Ponencia presentada en las I Jornadas Hispnicaragüenses de Física, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua/León: Nicaragua.

Campanario, J.M. (1995d) Concepciones erróneas en el área de Mecánica de varios grupos de estudiantes universitarios nicaragüenses. Ponencia presentada en las I Jornadas Hispnicaragüenses de Física, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua/León: Nicaragua.

Campanario, J.M. (1996a) Using Citation Classics to study the incidence of serendipity in scientific discovery. *Scientometrics*, 37, 3-24. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>.

Campanario, J.M. (1998c) Using counterintuitive problems in teaching Physics. *The Physics Teacher*, 36, 439-441. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M. (2000) El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. Enseñanza de las Ciencias, 18, 369-380. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>.

Campanario, J.M. (2001a) Algunas propuestas para el uso alternativo de los mapas conceptuales y los esquemas como instrumentos metacognitivos. Alambique, 28, 31-38. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M. (2001b) ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como este? Una relación de actividades poco convencionales. Enseñanza de las Ciencias, 19, 351-364.

Campanario, J.M. (2002e) De la necesidad virtud: cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. Enseñanza de las Ciencias,(En prensa: aceptado para su publicación). Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M. (2004) La Enseñanza de las Ciencias en Preguntas y Respuestas. Disponible en <http://www2.uah.es/jmc/webens/portada.html>

Campanario, J.M. y Otero, J.C. (2000a) Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 18, 155-169. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M. y Otero, J.C. (2000b) La comprensión de textos de ciencias. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.) Didáctica de las Ciencias

Experimentales, Editorial Marfil: Alcoy. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M.; Bronchalo, E.; Hidalgo, M.A. (1994) An effective approach for teaching intermolecular interactions. *Journal of Chemical Education*, 71, 761-76. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M.; Cuerva, J.; Otero J. (1997) Aprendizaje significativo y control de la comprensión. Ponencia presentada en el Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, Universidad de Burgos: Burgos. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Campanario, J.M.; García-Arista, E.; Otero J.; Caldeira, M.H.; Prata-Pina, E.M.; Patricio, A.; Costa E.; Hopkins, K.H. (2002) Comprehension monitoring and academic achievement from primary to tertiary education in Spanish and Portuguese educational systems (en revisión).

Campanario, J.M.; García-Arista, E.; Otero, J.C.; Patricio, A.; Costa, E.; Prata, E.M.; Caldeira, M.H.; Thomas, M. (1994) Em que medida o controlo da comprensao ajuda a melhorar o rendimento académico? Uma investigaÇao com estudantes espanhois e portugueses. Comunicación presentada en FISICA' 94: Encontro Ibérico para o Ensino da Física, UBI: Covilha-Portugal.

Carin, A.A.; Sand, R.B. (1985) *Teaching modern science*, Merrill: Columbus, Ohio.

Carrascosa, J.; Gil, D. (1985) La "metodología de la superficialidad" y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 113-120.

Carretero, M. (1980) Investigaciones sobre el pensamiento formal. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 35, 1-28.

Carter, G.S.; Simpson, R.D. (1978) Science and reading: A basic duo. *The Science Teacher*, 45, 20.

Chamberlin, T.C., 1890, The method of multiple working hypotheses: *Science*, v. 15, p. 92-97

Chinn, C.A.; Brewer, W.F. (1993) The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.

Cleminson, A. (1990) Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 429-445.

Corkill, A.J.; Glover, J.A.; Bruning, R.H.; Krug, D. (1988) Advance organizers: retrieval context hypotheses, *Journal of Educational Psychology*, 80, 304-311.  
Costa, A.L. (1986) Mediating the metacognitive. *Educational Leadership*, 42, 57-62.

Costa, J.; Caldeira, H.; Gallástegui, J.R.; Otero, J.C. (2000) An analysis of question asking on scientific text explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 602-614.

Crooks, T.J. (1988) The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58, 438-481.

Cudmani, L.C.; Pesa, M.; Salinas, J. (2000) Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 3-13.

DÍAZ, F.; HERNÁNDEZ, G. (1998). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Méjico: McGrawHill. 232 p.

Disessa, A. (1993) Toward an epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Duit, R. (1991) Students' conceptual frameworks consequences for learning science. En S. Glynn, R. Yeany, B. Britton (Eds.) *The Psychology of learning science*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale-EE.UU.

Ertmer, P.A.; Newby, T.J. (1996) The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24, 1-24.

Esler, W.K.; Esler, M.K. (1985) *Teaching elementary science*, Wadsworth: Belmont, California-EE.UU.

Flavell, J.H. (1976) Metacognitive aspects of problem solving. En L.B. Resnick (Ed) *The nature of intelligence*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey-EE.UU.

Flawell, 1985

Fulwiler, T. (1987) *The journal book*, Boynton/Cook: Portsmouth.

Furió, C.; Calatayud, M.L. (1996) Difficulties with the geometry and polarity of molecules. *Journal of Chemical Education*, 73, 36-41.

Furió, C.; Guisasola, J. (2001) La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 319-334.

Gallástegui, J.; Otero, J. (1997) Análisis de las preguntas sobre un texto científico generadas en tareas de diferente exigencia. Comunicación presentada al V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Universidad de Murcia: Murcia.

García, J.J.; Cañal, P. (1995) ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, 25, 5-16.

García, J.J.; Pro, A.; Saura, O. (1995) Planificación de una unidad didáctica: El estudio del movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 211-226.

Gaskell, P.J. (1992) Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, 14, 265-272.

Gil, D. (1987) Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.

Gil, D.; Carrascosa, J. (1990) What to do about science misconceptions?. *Science Education*, 74, 531-540.

Gil, D.; Martínez-Torregrosa, J.; Senent, F. (1988) El fracaso en la resolución de problemas de Física: Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 131-146.

Glenberg, A.M.; Epstein, W. (1985) Calibration of comprehension. *Journal of Experimental Psychology*, 11, 702-718.



Gould, S.J., 1992, Dinosaurs in the Haystack: Natural History, March, 1992, p. 2-13.

Grayson, D.K., 1987, Death by natural causes: Natural History, v. 96, p. 8-13.  
Griffiths, J. C., 1967, Scientific method in analysis of sediments: McGraw-Hill, New York, 508 p. [p. 1-11]

Gunstone, R.F.; Mitchell, I.J. (1998) Metacognition and conceptual change. En J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, J.D. Novak, (Eds.) Teaching science for understanding, Academic Press: San Diego, California-EE.UU.

Gunstone, R.F.; Northfield, J. (1994) Metacognition and learning to teach. International Journal of Science Education, 16, 523-537.

Gustafson, B.J.; Rowell, P.M. (1995) Elementary preservice teachers constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. International Journal of Science Education, 17, 589-605.

Hammer, D. (1994) Epistemological beliefs in introductory Physics. Cognition and Instruction, 12, 151-183.

Hammer, D. (1995) Epistemological considerations in teaching introductory Physics. Science Education, 79, 393-413.

Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias, 12, 299-313.

Kember, D. (1996) The intention to both memorize and understand: Another approach to learning?. Higher Education, 31, 341-354.

Kempa, R.F. (1991) Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 119-128.

Kitts, D.B., 1974, Physical theory and geological knowledge: *Journal of Geology*, v. 82, p. 1-23 [read excerpt on p. 6-7].

Kloster, A.K.; Winne, P.H. (1989) The effect of different types of organizers on students' learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 81, 9-15

Koch, A. (2001) Training in metacognition and comprehension of physics texts. *Science Education*, 85, 758-768.

Kuhn, T.S., 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*: University of Chicago Press, 2nd edition, Chicago, 210 p. [Chapters 1, 3, and 5].

Larochelle, M.; Désautels, J. (1991) 'Of course, it's obvious': adolescents' ideas of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 13, 373-389.

Linder, C. (1992) Is teacher-reflected epistemology a source of conceptual difficulty in Physics?. *International Journal of Science Education*, 14, 111-121.

Lledó, A.I.; Cañal, P. (1993) El diseño y desarrollo de materiales curriculares en un modelo investigativo. *Investigación en la Escuela*, 21, 10-19.

López, A.B. (1980) Metacognitive development: Implications for cognitive training. *Exceptional Education Quarterly*, 1, 1-18.

Martín, R. (2001) Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 199-215.

Mason, L. (1994) Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change by analogy. *Instructional Science*, 22, 157-187.

Meichtry, Y.J. (1993) The impact of science curricula on student views about the nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 429-443.

Mele, A.R. (1996) Real self-deception. *Psycholoquy* (revista electrónica). <http://www.cogsci.soton.ac.uk/bbs/Archive/bbs.mele.html>.

Menard, H.W., 1972, Citations in a scientific revolution: *Geological Society of America Memoir* 132, p. 1-5.

Monereo, Carles, Estrategias de enseñanza y aprendizaje: formación del profesorado y aplicación en la escuela. Barcelona. Graó de rrat Palma, 1995.

Nolen, S.B. (1988) Reasons for studying: Motivational orientations and study strategies. *Cognition and Instruction*, 5, 269-287.

Novak, J.D. (1982) Teoría y práctica de la educación, Alianza Universidad: Madrid.

Novak, J.D.; Gowin, D.B. (1988) Aprendiendo a aprender, Martínez Roca: Barcelona.

Otero, J.C.; Brincones, I. (1987) El aprendizaje significativo de la segunda ley de la Termodinámica. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 89-107.

Otero, J.C.; Campanario, J.M. (1990) Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 447-460. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Otero, J.C.; Campanario, J.M.; Hopkins, K.D. (1992) The relationship between academic achievement and metacognitive comprehension monitoring ability of Spanish secondary school students. *Educational and Psychological Measurement*, 52, 419-430. Disponible en <http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Paris, S.G.; Lipson, M.Y.; Wixson, K.K. (1983) Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology*, 8, 293-316.

Parker, R.B., 1985, Buffers, energy storage, and the mode and tempo of geologic events: *Geology*, v. 13, p. 440-442.

Petrucci, D. y Dibar, M.C. (2001) Imagen de la ciencia en alumnos universitarios: Una revisión y resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 2001, 19, 217-229.

Piaget, J.: *Epistemología genética*, Barcelona, Redondo. 1970

Piaget, J.: *La equilibración de estructuras*, Madrid, Siglo XXI. 1978

Piaget, J.: *La psicología del niño*, Madrid, Morata, 14<sup>a</sup> ed. 1997

Piaget, J.: La representación del mundo en el niño, Madrid, Morata, 8ª ed. 1997

Piaget, J.: Psicología y epistemología, Barcelona, Ariel. 1971

Platt, J.R., 1964, Strong inference: Science, v. 146, p. 347-352.

Popper, K., 1963, Science: Conjectures and Refutations: New York, Harper and Row, p. 33-41; 52-59.

Porlán, R. (1994) Las concepciones epistemológicas de los profesores: el caso de los estudiantes de Magisterio. Investigación en la Escuela, 22, 67-84.

Pozo, I.; Gómez, M.A. (1997) ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia?. Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En Luis del Carmen (Coordinador) La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria, ICE/Honsori, Universitat de Barcelona: Barcelona.

Pozo, J.I. (1987b) La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. Infancia y Aprendizaje, 38, 69-87.

Pozo, J.I. (1987c) Aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal, Visor/Aprendizaje: Madrid.

Pozo, J.I. (1990). "Estrategias de aprendizaje. "En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. (Eds.) Desarrollo psicológico y educaciónII Psicología de la educación. Madrid Alianza.

Pozo, J.I. (1993) Teorías cognitivas del aprendizaje, Morata: Madrid.

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

Pozo, J.I.; Gómez, M.A.; Limón, M.; Sanz, A. (1991) Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre Química, Memoria Final, CIDE-MEC: Madrid.

Praia, J.; Cachapuz, F. (1994) Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 350-354.

Pro, A. (1999) Planificación de unidades didácticas por los profesores: Análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 411-429.

Reif, F.; Larkin, J.H. (1991) Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 733-760.

Resnick, L.B. (1983) Toward a cognitive theory of instruction. En S. Paris, G. Olson, H. Stevenson (Eds.) *Learning and motivation in the classroom*, Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New Jersey-EE.UU.

Román, M.; Lopez, E. (2004). El Currículum como Desarrollo de Procesos Cognitivos y Afectivos. Disponible en: <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/enfoques/04/edu04.htm>

Roth, W.M.; Roychoudhury, A. (1994) Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 5-30.

Ryan, A.G.; Aikenhead, G.S. (1992) Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559-580.

Salinas, J.; Cudmani, L.C.; Pesa, M. (1996) Modos espontáneos de razonar: Análisis de su incidencia en el aprendizaje del conocimiento científico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 209-220.

Sánchez, G.; Pro, A.; Valcárcel, M.A.V. (1997) La utilización del modelo de planificación de unidades didácticas: El estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 35-50.

Sanmartí, N. (2000) El diseño de unidades didácticas. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Editorial Marfil: Alcoy.

Segura, D. (1991) Una premisa para el cambio conceptual: El cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 175-180.

Shayer, M.; Adey, P. (1984) *La ciencia de enseñar ciencias*, Narcea: Madrid.

Shuell, T.J. (1986) Cognitive conceptions of learning. *Review of Educational Research*, 56, 411-436.

Shuell, T.J. (1990) Phases of meaningful learning. *Review of Educational Research*, 60, 531-547.

Simpson, G.G., 1963, Historical science, *in* C.C. Albritton, ed., *The Fabric of Geology*: Freeman, Cooper and Co., Stanford, California, p. 24-48.

Solsona, N.; Izquierdo, M.; Gutiérrez, R. (2000) El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 15-23.

Songer, N.B.; Linn, M.C. (1991) How do students' views of science influence knowledge integration?. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784.

Spieker, E.M., 1965, The nature of geology and its place among the natural sciences: *The New York Academy of Sciences Transactions, Series II*, v. 28, p. 159-169.

Steinbeck, J., 1952, Foreword to *Between Pacific Tides* by E.F. Ricketts and J. Calvin: Stanford University Press, Stanford, California.

Swanson, H.L. (1990) Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 82, 306-314.

Thiberghien, A.; Psillos, D.; Koumaras, P. (1995) Physics instruction from epistemological and didactical bases. *Instructional Science*, 22, 423-444.

Thomas, G.P. y McRobbie, C.J. (2001) Using a metaphor for learning to improve students' metacognition in the chemistry classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 222-259.

Touger, J.S.; Dufresne, R.J.; Gerace, W.J.; Hardiman, P.T.; Mestre, J.P. (1995) How novice Physics students deal with explanations. *International Journal of Science Education*, 17, 255-269.

Vadhan, V.; Stander, P. (1994) Metacognitive ability and test performance among college students. *The Journal of Psychology*, 128, 307-309.

Van der Meij, H. (1994) Student questioning: A componential analysis. *Learning and Individual Differences*, 6, 137-161.



Villani, A.; Orquiza, L. (1995) Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 279-294.

Wolff-Michael, R. (1994) Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 5-30.

Zimmerman, B.J. (1990) Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational Psychologist*, 25, 3-17.

Zimmerman, B.J.; Martínez-Pons, M. (1990) Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex and giftedness to self efficacy and strategy use. *Journal of Educational Psychology*, 82, 51-59.