

## **TEMA 4 BASES PSICOPEDAGÓGICAS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS. MODELOS Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS**

- Ideas previas: pensamiento del alumnado y del profesorado.
- La enseñanza tradicional: el modelo de transmisión-recepción.
- La enseñanza por descubrimiento.
- El constructivismo y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.
- Propuestas didácticas constructivistas
- Estrategias de Evaluación integrada en el aprendizaje. Autorregulación.

Las estrategias de enseñanza pueden definirse (Pozo, 1987) como el conjunto de decisiones (de quien enseña) respecto a la organización de materiales y a las actividades que han de realizar las y los estudiantes con el fin de alcanzar un aprendizaje óptimo.

En este tema intentaremos dar respuesta a la siguiente cuestión ¿En función de qué se utilizan unas u otras estrategias?. Las estrategias responden a un modelo (implícito o explícito) que mantiene cada enseñante sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Los fundamentos de estas estrategias se relacionan con los fundamentos de orden psicológico, epistemológico, sociológico y los contenidos científicos de la materia en cuestión. Como han señalado, entre otros y otras autoras, Hewson y Hewson (1987) y Driver (1988), las y los docentes tienen una idea formada acerca de lo que es la enseñanza de las ciencias (incluso antes de comenzar su actividad profesional) recibida de forma ambiental a lo largo de su experiencia como estudiantes. En este tema se pretende suscitar la reflexión sobre dichas cuestiones, haciendo explícito su modelo espontáneo de cómo se enseñan y aprenden las ciencias en la Educación Primaria para conducir al alumnado hacia puntos de vista constructivistas sobre los procesos de aprendizaje. Trabajaremos los modelos didácticos, tanto en sus aspectos de aprendizaje como en los de enseñanza, ya que ambos tienen relación, lo que no quiere decir que constituyan un mismo proceso, pues, como ya hemos comentado anteriormente, numerosos autores y autoras han señalado que no existe una relación lineal entre un modelo de aprendizaje y uno de enseñanza (Millar, 1989) y por ello en muchos casos se utiliza el término enseñanza-aprendizaje (Gil, 1993b) para subrayar la estrecha vinculación entre ambos aspectos.

En el apartado **ACTIVIDADES** de este curso se presenta programa-guía de este tema 4 que utilizarás y en este apartado de **MATERIALES DE ESTUDIO** se irán comentando la finalidad y el desarrollo de las actividades que en él se recogen.

Iniciamos el tema con una actividad de comunicación de objetivos (A.4.0) con la que se pretende que trabajes tus representaciones sobre lo que se quiere enseñar y aprender con el tema, para conseguir la máxima aproximación entre los objetivos propuestos para el tema 4 y tu representación de los objetivos con el fin de potenciar la autorregulación de tus aprendizajes a lo largo del mismo.

### **Objetivos del tema 4:**

- Analizar y reflexionar sobre la relación entre práctica pedagógica y concepciones del profesorado sobre la enseñanza y el aprendizaje.
- Conocer y distinguir distintos modelos didácticos: transmisión-recepción, descubrimiento, constructivistas.
- Conocer y diseñar estrategias basadas en el aprendizaje como construcción de conocimientos.

- Construir nuevos modelos de evaluación integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje como regulación continua de los aprendizajes.

Una vez que hayas realizado y completado tu ficha de representación de los objetivos del tema, en la siguiente actividad A.4.1. de explicitación de ideas, tomada de Jiménez (1996a), se pretende que hagas explícito lo que sabes y piensas sobre la cuestión de "enseñar ciencias" fruto de una formación ambiental adquirida, generalmente implícitamente, durante sus muchos años como estudiantes.

En general, suele ponerse de manifiesto que para algunas personas es difícil comprender que varias de las acciones propuestas en la actividad, por ejemplo la 6, también son parte de "enseñar ciencias". Se pretende que amplíes tu concepción de las actividades implicadas en la enseñanza, y de las estrategias relacionadas con ellas. Consideramos de gran importancia que como futuro o futura docente tomes conciencia de tu propio modelo didáctico y de las bases sobre las que descansa, reflexión que puede llevar a la reafirmación de su eficacia, o al convencimiento de que es necesario un cambio hacia otro u otros, decisión que debe proceder de su propio convencimiento.

### **IDEAS PREVIAS: PENSAMIENTO DEL ALUMNADO Y DEL PROFESORADO.**

A continuación pasamos a analizar el fracaso de las metodologías didácticas tradicionales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos científicos. Para ello en la actividad A.4.2. del programa-guía del tema 4 (apartado ACTIVIDADES) se te propone un cuestionario de detección de ideas sobre algunos conceptos científicos: constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa (Nussbaum, 1985), concepto de fuerza (Watts y Zybersztasn, 1981), cuya finalidad es poner en evidencia la existencia de tales concepciones alternativas, no sólo las tuyas, sino las obtenidas de investigaciones realizadas con estudiantes de distintas etapas educativas y procedencia geográfica.

Ya vimos, en el tema 1 de este curso, cómo la didáctica de las ciencias pretende buscar soluciones a las causas del fracaso en la enseñanza de las ciencias. Fracaso entendido no sólo como el de estudiantes que fracasan en ciencias en la educación obligatoria o postobligatoria, sino entendido como la persistencia de concepciones alternativas incluso entre estudiantes de licenciaturas de ciencias y profesorado de ciencias (en formación o en activo).

Los resultados del cuestionario sobre conceptos científicos de las investigaciones de las que se han tomado las preguntas pusieron de manifiesto que la mayoría de las respuestas del alumnado investigado no coincidían con la respuesta adecuada desde el punto de vista científico. En relación a la primera pregunta sobre la constitución de la materia, no todo el alumnado de educación primaria y secundaria obligatoria elige la respuesta D coherente con el modelo corpuscular de la materia, que explica la propiedad de los gases que hace que una sustancia en estado gas ocupe todo el volumen del recipiente que la contiene y que además no exista nada (vacío) entre las moléculas del gas ( $\text{CO}_2$ ) contenido en el recipiente de la figura. Con respecto a la segunda cuestión sobre el concepto de fuerza solo un 9.4% del alumnado con alguna licenciatura en ciencias eligió la respuesta 3, que es la coherente con el punto de vista científico según las leyes de Newton, y la mayoría del alumnado investigado de etapas educativas previas a la Universidad (81-90%) eligen la respuesta 4, mostrando que a pesar de la instrucción recibida en clases de física, persiste la idea alternativa a la científica de suponer que siempre existe una fuerza en la dirección del movimiento, si tener en

cuenta que según la mecánica de Newton la aplicación de una fuerza produce un cambio de movimiento (aceleración):  $F = m a$ , por lo que cuando la pelota está en el punto A (tal y como se muestra en la figura de la pregunta 2), la única fuerza que está actuando sobre la pelota es la fuerza de la gravedad.

Puedes comparar tus respuestas con los resultados de las investigaciones realizadas con estudiantes de distintos niveles educativos, incluso de niveles universitarios de carreras científicas y profesorado de ciencias en formación inicial y permanente. Con esta actividad no se pretende poner en cuestión tus conocimientos científicos, sino introducir la importancia de las ideas previas como factor determinante, en muchos casos, del fracaso de la enseñanza habitual de las ciencias, poniendo en evidencia la importancia de las ideas e interpretaciones sobre fenómenos del medio natural con que niñas y niños llegan al aula.

También se aprovecha la ocasión para indicar que algunas de las respuestas "no correctas" según la ciencia actual presentan ciertas semejanzas con teorías o concepciones que estuvieron en vigor en épocas anteriores en la historia de las ciencias y algunas de ellas constituyeron verdaderos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1938) para la evolución y el cambio en las teorías científicas, por ejemplo la denominada teoría del ímpetus (teoría errónea desde el punto de vista de la ciencia actual, pero que estuvo aceptada durante varios siglos por la física del momento) según la cual existe una fuerza en la dirección del movimiento.

En la siguiente actividad A.4.3. se plantea una reflexión sobre las ideas alternativas, en la se te pide que intentes caracterizar esas ideas, buscando aspectos comunes a todas ellas. Fruto de esa reflexión, se espera que enumeres características del tipo:

- En la mayoría de los casos, sobre todo en edades tempranas, suelen ser diferentes a las admitidas por la comunidad científica en la actualidad y pueden parecer incoherentes desde esta perspectiva.
- Son personales (cada persona posee las suyas) pero suelen ser compartidas por personas de distintas edades, formación y países.
- Algunas suelen presentar semejanzas con concepciones que estuvieron vigentes en alguna época de la historia de las ciencias.
- Son muy estables y persistentes a la instrucción a través de las distintas etapas educativas.
- Muchas son espontáneas y previas a la instrucción.

### **Las ideas sobre asuntos científicos previas a la instrucción**

Aunque ya *La representación del mundo en el niño*, de J. Piaget (1926) es un estudio riguroso de las ideas infantiles sobre el mundo natural, sólo a partir de la segunda mitad de la década de los setenta del siglo XX se empieza a recoger una masiva constatación empírica de que niñas y niños, antes de acceder a la instrucción formal, han desarrollado un pensamiento propio sobre los fenómenos naturales. De hecho, han elaborado significados de muchos de los términos que se utilizan en la enseñanza de las ciencias y representaciones del mundo que se relacionan con las ideas científicas que se enseñan en la escuela.

Desde la década de los 90 del siglo XX existe una extensa literatura (Pfundt y Duit en 1985, 1988, 1991 y 1993 registraron 700, 1400, 2000 y 3000 referencias de artículos, respectivamente) basada en estudios realizados en todo el mundo sobre las

ideas desarrolladas por escolares previamente a la enseñanza formal de la ciencia. Osborne y Freyberg (1985), Driver Guesne y Tiberghien (1985), Hierrezuelo y Montero (1988), Carmichael et al. (1990) entre otras autoras y autores, dan listas de investigaciones desarrolladas acerca de muchas de estas ideas infantiles sobre tópicos científicos, que son denominadas con términos diferentes dependiendo del punto de vista de quien las estudia. Así, hemos oído nombrarlas como preconcepciones "*preconceptions*" (Novak, 1977), marcos alternativos "*alternative frameworks*" (Driver y Easley, 1978; Driver, 1981), concepciones alternativas "*alternative conceptions*" o esquemas conceptuales alternativos "*alternative conceptual scheme*" (Driver y Easley, 1978), representaciones "*représentations*" (Giordan, 1978a), razonamiento espontáneo "*spontaneous reasoning*" (Viennot, 1979), creencias ingenuas "*naïve beliefs*" (Caramazza, McCloskey y Green, 1981), concepciones alternativas "*alternative conceptions*" o concepciones erróneas "*misconceptions*" (Clement, 1982; Novak y Gowin, 1984), ciencia de los niños y niñas "*children's science*" (Gilbert, Osborne y Fensham, 1982; Osborne, Bell y Gilbert, 1983), esquemas "*schemata*" (Champagne Gunstone y Klopfer, 1983), ideas preinstruccionales "*pre-instructional ideas*" (Novak, 1983), concepciones de los y las estudiantes "*students' conceptions*" (Aguirre y Erickson, 1984), pensamiento natural "*natural thinking*" (Guidoni, 1985), etc., por citar algunos de sus nombres más extendidos. Quizás la definición que Driver y Erickson (1983) proponen para sus "*alternative frameworks*" engloba lo que de común tienen todas ellas: "*la organización mental impuesta por un individuo sobre sus experiencias sensoriales, que se pone de manifiesto por las regularidades en las respuestas a situaciones problemáticas particulares*".

Una primera cuestión que llama la atención en la historia de esta fecunda línea de investigación es la diversidad terminológica usada para nombrar a las concepciones alternativas. Algunas investigaciones como la de Abimbola (1988) han registrado hasta veintiocho términos diferentes para nombrarlas. Estas diferencias lingüísticas no son cuestiones superficiales y muestran, como señaló Carles Furió (1996), las necesarias tensiones epistemológicas en una comunidad de investigación que durante los años 90 del siglo XX estuvo caracterizada por una crisis de crecimiento.

La selección terminológica deja traslucir conceptualizaciones de fondo diferentes, que implican unos determinados compromisos teóricos, esto es, la semántica indica la posición filosófica de quien investiga (Driver y Easley, 1978). En el mismo sentido, Abimbola (1988) interpreta que existe una relación (aunque permanezca encubierta) entre los términos que se utilizan para describir el conocimiento de las y los estudiantes y el marco epistemológico de quienes realizan las investigaciones en educación. Dos tendencias de pensamiento de la filosofía de la ciencia están relacionadas principalmente con estas perspectivas, a saber, el empirismo y la denominada nueva filosofía de la ciencia. Para el empirismo el conocimiento científico posee un estatus superior como forma de conocimiento, mientras que para quienes participan de los principios de la nueva filosofía de la ciencia, el conocimiento científico es una de las posibles formas de conocimiento humano, y las concepciones de las personas tienen su propio valor, sin que sus criterios de evaluación puedan ser los mismos que se aplican al conocimiento científico.

En definitiva, los términos que se utilizan para describir las concepciones del alumnado, principalmente en ciencias de la naturaleza, pueden ser comprendidos, así, desde el concepto (explícito o implícito) que se tiene del estatus del conocimiento científico frente a otros tipos de conocimiento (Cubero, 1994).

Así, cuando en la escuela se compara el conocimiento científico "correcto y oficial" con otras representaciones que las y los estudiantes han adquirido mediante su

interacción con otras fuentes de aprendizaje, estas otras representaciones son juzgadas como inferiores o equivocadas. Abimbola (1988) distingue dos categorías de conocimiento que se consideran claramente inferiores desde esta perspectiva: la primera corresponde a aquellos conocimientos que son evaluados como erróneos respecto a la ciencia de referencia y etiquetados con términos tales como *concepciones falsas o erróneas*, o *ideas equivocadas*; la segunda categoría de conocimiento corresponde al conjunto de conocimientos cotidianos que se transmiten en la sociedad de generación en generación y que son designados como *creencias* o *supersticiones*.

La expresión concepciones falsas o erróneas "*misconceptions*", que hace referencia a una idea equivocada, o a una teoría o modelo formal incorrectamente asimilado, tiene evidentes connotaciones negativas (Andersson, 1986). El acento sobre la incorrección de las creencias o ideas manifiesta una perspectiva que subvalora la actividad de la o del estudiante, corresponde a investigaciones dirigidas a la detección de las falsas concepciones como primer paso para saber qué fallos es necesario "eliminar" o "reparar" (Gilbert y Watts, 1983). Por su parte, Furió (1986) señala que si en la investigación se concede mayor importancia a la estructura del contenido que se va a enseñar y menos al conocimiento personal del o de la estudiante, se centrará la atención en los defectos o errores que comete el alumnado y, entonces se utilizará el descriptor "*misconceptions*". Diakidoy, Vosniadou y Hawks (1997) encuentran erróneo el citado término porque, con frecuencia, enmascara la genuina actividad constructiva requerida para la formación de las denominadas "*misconceptions*". Por lo que en su lugar utilizan el término "modelo sintético" "*synthetic model*". Es más, establecen una distinción entre "modelos iniciales" "*initial models*", que son previos y no influidos por la instrucción, y "modelos sintéticos" que representan intentos de asimilar información científica en las estructuras conceptuales existentes.

Otro ejemplo de las implicaciones de la terminología nos lo ofrece la conceptualización de las ideas del alumnado como "preconceptos"; dicha opción implica la aceptación de que sólo podrán llamarse conceptos aquellas ideas que se corresponden con el conocimiento científico o académico establecido. Los preconceptos consisten, por tanto, en la expresión de una serie de ideas que no tienen el estatus de comprensiones generalizadas tales como las que caracterizan al conocimiento conceptual (Driver y Easley, 1978). Algunos investigadores como Novak, Kempa, y otros manifiestan que las ideas de las y los estudiantes sobre física o química están poco ligadas a su estructura cognitiva y, en consecuencia, adoptan también el término "preconcepción". Fuera de este contexto, también hay investigaciones que indican que, simplemente, las respuestas del alumnado son anecdóticas para salir al paso de las cuestiones que se les plantean (Mc Clelland, 1984).

Sin embargo, si en vez de considerar al conocimiento científico como la representación más válida, frente a otras representaciones del mundo, se le concede un estatus relativo en relación con otros tipos de saber, las concepciones del alumnado son entonces representaciones *alternativas* donde anclar nuevos aprendizajes, ganando, así, importancia las relaciones entre los conceptos cotidianos y los conceptos científicos, en la tarea de acercar o reconciliar unos y otros. Desde estos postulados, la terminología utilizada incluye nombres como *concepciones* o *esquemas previos*, y *marcos*, *ideas* o *concepciones alternativas*.

La expresión marcos o concepciones alternativas pone un mayor énfasis en la existencia de ideas asimiladoras previas en la niña y el niño, e indica que han desarrollado representaciones autónomas para conceptualizar su experiencia en el mundo. Los marcos pueden, por un lado, ser considerados como tales si se demuestra que consisten en un conjunto de conceptos relacionados que se refieren a un mismo

grupo de fenómenos (McClelland, 1984) y, por otro lado, ser denominados alternativos por el hecho de que difieren de los modelos de explicación científica. En estos casos, el "error" se considera más un punto de partida que el resultado de una deficiencia y los programas de investigación se orientan al estudio de las cualidades de las construcciones conceptuales, como su estabilidad, coherencia y consistencia (Gilbert y Watts, 1983). Así, como indican estos autores, lo importante no es la búsqueda de invariantes universales sino "mapear la topografía de la comprensión en dominios locales", dando más importancia a las ideas del alumnado, considerándolas como "*miniteorías*".

Un último ejemplo es el de aquellos términos que parecen ser de carácter meramente descriptivo, como son los de *ideas previas* o *preinstruccionales*, pero que como señala Rosario Cubero (1994) encierran algo más. El hecho de reconocer que las niñas y niños tienen ideas, que saben cosas aunque no se las hayamos enseñado en la escuela, es como caer en la cuenta de que efectivamente esos conocimientos están allí, es como designar algo que hasta ese momento no se había considerado. Parece que hacer explícito este reconocimiento no debía ser necesario, pero en términos de actuación didáctica a veces lo es.

Por lo tanto, no es gratuito que se utilice un tipo de términos u otros, como tampoco son gratuitas las estrategias didácticas que se ponen en práctica, ni cómo se concibe el proceso de aprendizaje: si como la sustitución de unas ideas erróneas por otras correctas, como el proceso por el cual se eliminan nociones cotidianas de menor valor por otras de estatus científico, o como el diálogo entre representaciones cotidianas de innegable valor funcional que se han adquirido en los contextos de desarrollo próximos y las representaciones desarrolladas por la actividad científica.

Por todo ello, podemos concluir que esta variedad de términos utilizados en la investigación didáctica para denominar este tipo de ideas: errores conceptuales, concepciones erróneas, concepciones ingenuas, pensamiento natural, concepciones alternativas, ideas previas o alternativas, modelos iniciales, modelos sintéticos... va unida al hecho de que según el término utilizado para denominarlas se analizan unos u otros aspectos de ellas y de cómo se relacionan con las propuestas de instrucción e investigación. Conviene también resaltar que esta corriente de investigación constituyó el "núcleo duro" (Furió, 1996) de la didáctica de las ciencias como cuerpo teórico de conocimientos en la década de los 90 del siglo pasado.

Con relación al origen de estas ideas infantiles sobre asuntos científicos previas a la instrucción, se suelen citar tres fuentes, que aunque están, de hecho, en continua interacción, señalaremos por separado, utilizando las categorías propuestas por Pozo (1996a).

#### Origen sensorial: las concepciones espontáneas

Estas concepciones se formarían por procesos inductivos espontáneos a partir de la experiencia directa con el mundo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978; Strauss, 1981), en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos -en el caso del mundo natural- mediante procesos sensoriales y perceptivos (Pozo, 1996a).

Aunque se utilizarían en todos los dominios del conocimiento, se reflejan especialmente en nuestras teorías sobre el funcionamiento del mundo natural. Un rasgo de estas ideas es que presentan una mayor universalidad, a través de culturas y edades, que los otros tipos de ideas que analizaremos a continuación. Otro rasgo característico es que suelen ser conocimientos más implícitos que explícitos. Muchas veces es algo

que sabemos hacer, pero difícilmente decir, verbalizar. Buena parte de las ideas del alumnado no son conocimientos verbales, sino "teorías en acción", reglas de actuación, verdaderos procedimientos (Karmiloff-Smith, 1992; Pozo, Sanz, Gomez Crespo y Limon, 1991).

#### Origen cultural: las concepciones sociales

A diferencia de las anteriores, estas concepciones no tendrían su origen tanto en la interacción directa, sensorial, con el mundo, como en el entorno social y cultural, de cuyas ideas se impregnaría el o la estudiante. Se adquirirían, por tanto, por procesos de asimilación inducidos a partir de su experiencia social, especialmente a través del lenguaje (Leontiev, 1986; Solomon, 1987, 1988). Siendo su origen más lingüístico y cultural, al contrario que las anteriores, muchas veces se verbalizan con más facilidad y en cambio es más difícil convertirlas en pautas en acción (Pozo, 1996).

#### Origen escolar: las concepciones analógicas

Un tercer modo de adquirir ideas acerca del mundo sería por medio de interpretaciones de hechos, o fenómenos, a partir de analogías que el individuo establece entre éstos y otros hechos o fenómenos familiares que en algún aspecto son similares a ellos (Lakoff y Johnson, 1980; Rumelhart y Norman, 1981; Wong, 1993).

Con relación a las ideas del alumnado que ya ha sido escolarizado, Pozo (1996) señala la importancia de los aprendizajes escolares en la generación de ideas que van a influir a su vez en posteriores aprendizajes. Al no presentarse el conocimiento científico como un saber diferente de otras formas de saber, los y las estudiantes tienden a asimilar esos conocimientos escolares, de forma analógica, a sus otras fuentes de "conocimiento científico" sobre el mundo. La consecuencia más directa es su incompreensión de la propia naturaleza del discurso científico, al confundirlo y mezclarlo con su conocimiento sensorial y social, concibiendo como análogos, sistemas de conocimiento que son complementarios, pero diferentes.

Pero como quiera que se hayan formado, las niñas y niños llegan a la escuela con ideas sobre muchos de los asuntos científicos que se van a tratar allí y si, como hemos dicho, el resultado del aprendizaje viene condicionado por las ideas que ya se poseen, nos conviene conocer todo lo posible acerca de éstas.

En la resolución de nuestros problemas de cualquier tipo, desde los más cotidianos hasta los más trascendentes, hemos de utilizar una parte del conocimiento almacenado en nuestra memoria. De aquí que la función fundamental -o exclusiva- de los conocimientos infantiles espontáneos sobre el mundo material, sea la de estar disponibles para poder ser utilizados en cualquier previsión, interpretación, actuación, etc. sobre los objetos o fenómenos del mundo material.

Continuando con la caracterización y el origen de las ideas previas, con la siguiente actividad A.4.4 se intenta establecer las características principales de las concepciones alternativas (además de las ya citadas en la puesta en común anterior), así como clarificar su origen (sensorial, cultural o social, analógico e inducido por la enseñanza), e introducir aportaciones recientes de la investigación didáctica sobre cómo la coherencia y utilidad de dichas ideas, desde el punto de vista de quien las posee, proporcionan gran estabilidad y persistencia de las citadas ideas.

De todo lo anterior, podemos concluir que las concepciones alternativas pueden constituir verdaderos modelos mentales útiles para comprender y mirar el mundo en el que vivimos (desde la perspectiva de los niños y niñas) ya que están dotados de gran funcionalidad y utilidad para la persona que los posee.

En este contexto, se plantea la siguiente actividad A.4.5 para que reflexiones sobre la coherencia y consistencia de dichas concepciones y sobre la influencia de las mismas en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En definitiva, se pretende que afiances la idea de que las denominadas concepciones alternativas, en algunos casos y en relación a cuestiones del mundo natural, son algo más que un mero conjunto de ideas aisladas e inconexas, construidas para la ocasión, aunque sean inconsistentes e incoherentes desde la perspectiva de la ciencia actual. Constituyen verdaderos modelos mentales, es decir son como unos anteojos que proporcionan maneras de mirar y de ver el mundo.

El trabajo de Vosniadou y Brewer (1992), presentado en la actividad A.4.5, al analizar las concepciones infantiles sobre la forma de la Tierra, muestra que la reorganización del conocimiento no es, usualmente, ni una sustitución repentina de conceptos incorrectos por conceptos correctos, ni las personas reemplazan simplemente modelos mentales incorrectos por otros correctos. Por el contrario, la reorganización del conocimiento parece ser una transformación gradual de modelos mentales.

En la figura 1 de la citada actividad (ver programa-guía del tema 4, en el apartado ACTIVIDADES) se muestran los distintos modelos mentales sobre la forma de la Tierra encontrados en la citada investigación. Como puede verse, no existirá inconsistencia alguna cuando el niño o la niña ha construido un tipo específico de modelo mental. Spada (1994) señala al respecto, que estos resultados sobre la consistencia, obtenidos en estudios sobre modelos análogos de objetos concretos, como la forma de la Tierra, quizá no puedan ser transferidos fácilmente al estudio sobre conceptos abstractos como por ejemplo: fuerza.

Los resultados de Vosniadou y Brewer (1992) muestran que las concepciones erróneas ("*misconceptions*"), a veces, no provienen de dificultades para entender la nueva información, sino que más bien son fruto de intentos creativos de las niñas y los niños, para reconciliar nueva información con viejas ideas asumidas sobre el tema en cuestión, es decir, de asimilar nueva información en estructuras conceptuales ya existentes que contienen información contradictoria con el punto de vista científico, para lo que construyen "*modelos sintéticos*" ("*synthetic models*"), que corresponden, en lo posible, a ambos tipos de información. Modelos como el denominado "*Tierra dual*" ejemplifican como un mecanismo de acreción "*accretion*" puede producir errores conceptuales, cuando la información añadida al conocimiento de base es inconsistente con lo que ya existe allí.

Stella Vosniadou (1994) buscaba desarrollar un marco teórico que capturara los diferentes tipos de cambio conceptual que suceden durante el proceso de adquisición de conocimiento en las ciencias físicas. Argumenta que los conceptos están empotrados en grandes estructuras teóricas que los constriñen y propone una distinción entre "*teorías específicas*" ("*specific theories*") que describen la estructura de un dominio conceptual al cual pertenece un concepto dado y "*teoría marco ingenua sobre la física*" ("*naive framework theory of physics*") que describe las presuposiciones ontológicas y epistemológicas básicas que se construyen durante la primera infancia y que se usan para controlar el proceso de adquisición de conocimiento sobre el mundo físico. En otras palabras, en relación con el conocimiento intuitivo de las y los escolares, se



distinguen dos niveles de organización del sistema de conocimiento: "*teorías específicas*" ("*specific theories*") y "*teorías marco*" ("*framework theories*"). Las teorías específicas consisten en asunciones del dominio o campo específico que tienen los individuos sobre la realidad. Incluyen explicaciones específicas sobre el fenómeno que pertenecen a ese dominio concreto y están constreñidas/controladas por las teorías marco. Una teoría marco proporciona una descripción general del dominio concreto que incluye principios generales de categorización y modos de razonamiento. Las teorías marco consisten en asunciones ontológicas y epistemológicas generales que son denominadas creencias inamovibles (atrincheradas) ("*entrenched beliefs*")<sup>19</sup> porque están profundamente enraizadas en la experiencia cotidiana. Tales creencias son del tipo: "*las cosas que parecen planas son realmente planas*", o "*la gravedad siempre actúa de arriba a abajo desde el punto de vista de quien observa*". Si un o una escolar que posee este tipo de creencias oye que la Tierra es una esfera, intentará interpretar esta nueva información con su viejo marco teórico y, construirá un modelo actualizado teniendo en cuenta, en lo posible, la información de que dispone. Por lo tanto, el problema, en estos casos, no está en no entender correctamente la nueva información, sino que subyace en la construcción de modelos bajo constricciones inadecuadas. Tales modelos mentales pueden constreñir a su vez el proceso de adquisición de conocimiento de modo similar a las creencias y suposiciones. Niños y niñas necesitan apoyo para reconciliar sus experiencias de una Tierra que parece plana con la nueva idea de Tierra esférica. Lo que necesitan para superar los errores conceptuales, no es que se les diga que la Tierra no es hueca, sino que deben comprender que cosas esféricas/redondas pueden parecer planas bajo condiciones específicas y que la gravedad, efectivamente, actúa de arriba a abajo, pero este "arriba-abajo" denota diferentes direcciones en diferentes partes de la Tierra (Vosniadu, 1994).

La citada autora señala que muchas estrategias utilizadas en las clases de ciencias para producir conflicto cognitivo, confrontan los modelos sintéticos del alumnado, en lugar de las presuposiciones de la teoría marco ingenua, que es la responsable de la creación de dichos modelos mentales. Por todo ello, propone que puesto que las concepciones erróneas se forman por intentos inadecuados de sustituir presuposiciones atrincheradas por un marco de explicación diferente, el foco de la instrucción deberían ser las presuposiciones y no las concepciones erróneas.

Además, según, Vosniadou y Schnotz (1997), en la investigación y en la docencia, solemos observar cambios en el nivel de las teorías específicas, aunque, dichos cambios suelen ir, con frecuencia, acompañados de cambios importantes en las teorías marco, y de hecho no serían posibles sin ciertos cambios en dichas teorías marco. Así, Hatano e Inagaki (1997), señalan que el cambio producido de considerar una planta como una entidad que toma del agua la energía necesaria, a considerar la planta como entidad capaz de producir sus propios nutrientes (mediante fotosíntesis), es un cambio que se produce en una concepción individual, pero implica un cambio en la distinción ontológica entre animales y plantas. Un caso similar sería el producido al cambiar de un modelo de Tierra plana apoyada, a uno de Tierra esférica con gente viviendo alrededor de ella, en su exterior, ya que, si bien es un cambio en una concepción individual, implica un cambio en la categoría ontológica de Tierra: de objeto físico a objeto astronómico (Vosniadou y Brewer, 1992).

---

<sup>19</sup> Spelke (1991) ha descrito cinco constricciones sobre el comportamiento físico de los objetos, que parece empiezan a apreciarse desde muy temprana edad: *continuidad, solidez, no acción a distancia, gravedad e inercia*

Sin embargo, para Schnotz y Preuß (1997) el término "*teoría marco*" debería utilizarse con precaución, porque el hecho de que los y las estudiantes se comporten *como si* pensarán siguiendo algunas creencias epistemológicas y ontológicas no implica que posean realmente las respectivas asunciones teóricas y que operen con ellas como parte de su conocimiento implícito o explícito. Una interpretación (errónea) infantil de nueva información puede también resultar simplemente de una falta de la necesaria diferenciación conceptual como, por ejemplo, entre la apariencia de un objeto (plano) y la naturaleza del mismo (esférica/redonda), o entre diferentes tipos de referencia espacial (arriba-abajo aquí y arriba-abajo allí), debido, quizá, a que no se requiere todavía tal diferenciación; en lugar de porque existan asunciones epistemológicas y ontológicas en la mente infantil.

En cualquier caso, estas investigaciones son muy valiosas porque demuestran claramente que las dificultades para una evolución conceptual (entendida como proceso continuo que sucede gradualmente según se van reinterpretando los diferentes tipos de constricciones, y en particular los pertenecientes a la *teoría marco*) o reorganización del conocimiento, algunas veces no resultan de la incoherencia en el conocimiento ni de déficits metacognitivos para detectar inconsistencias. Por el contrario, las concepciones erróneas ("*misconceptions*") de los y las estudiantes pueden resultar también de activos (¡y exitosos!) intentos de alcanzar coherencia, lo cual conlleva intentos de construir un modelo mental que satisfaga las constricciones tanto del viejo como del nuevo conocimiento. Como hemos visto en las investigaciones anteriores, las y los estudiantes encuentran, a menudo, soluciones bastante creativas a este problema. Así mismo, demuestra que la inconsistencia del conocimiento no tiene relación con la coexistencia de trozos de conocimiento correctos e incorrectos. El punto esencial sería más bien si las respuestas del alumnado son compatibles o incompatibles, es decir, si todas las proposiciones respectivas pueden ser verdaderas para un mundo posible. Entre los modelos anteriores existe tal mundo, por ejemplo, la "Tierra como esfera hueca". Mientras las proposiciones que describe (y constriñe) ese mundo no sean contradictorias entre sí, no hay razones para considerar el conocimiento infantil inconsistente.

Tras la realización de esta secuencia de actividades (A.4.1.→A.4.5) sobre las ideas alternativas se esperaría que hubieras llegado a la conclusión de que no sirve de mucho intentar "enseñar" algo sin saber previamente el conocimiento o la comprensión real que posee el alumnado sobre la cuestión a tratar (aunque no hayan recibido antes instrucción formal sobre el tema) y que la enseñanza habitual de las ciencias puede fracasar, en parte, por no tener en cuenta dichas concepciones. Incluso en algunos casos puede ser la combinación de lo que se "enseña" en clase con lo que se sabe implícitamente sobre el tema, mediante el uso de analogías no adecuadas entre el conocimiento científico escolar y el conocimiento cotidiano, lo que origina estas concepciones alternativas o modelos sintéticos.

Consideramos oportuno retomar en este momento la tan famosa y citada frase de Ausubel (1968): "*Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente*".

En la siguiente secuencia didáctica estudiaremos el papel que las ideas previas juegan en el aprendizaje en las propuestas constructivistas, el proceso psicológico de su modificación o reestructuración y el papel que los agentes externos pueden jugar en los procesos de aprendizaje.

Comenzamos esta nueva secuencia de actividades con una actividad de explicitación de ideas sobre el vocabulario psicológico del Constructivismo A.4.6., utilizando un cuestionario tipo KPSI (*Knowledge and Prior Study Inventory*) que te permitirá conocer tu valoración sobre tu comprensión de varios conceptos que se van a introducir y analizar en las actividades siguientes, al trabajar los planteamientos y propuestas constructivistas.

Generalmente el alumnado en formación del profesorado no suele tener una valoración muy positiva sobre su comprensión de estos conceptos, aunque la mayoría manifiesta que sí los ha oído o estudiado en cursos de psicología y pedagogía en la Escuela de Magisterio. ¿Es ésta tu situación? Puedes contrastar tus respuestas con la lectura del texto *Vocabulario psicológico de la Reforma*. Martín, E. (1991). *Cuadernos de Pedagogía*, 188, 36-37. Revista que encontrarás en las Bibliotecas de la UPV/EHU.

La siguiente actividad A.4.8., tomada Pozo (1992), pretende ayudarte a clarificar en qué consiste el Aprendizaje significativo.

Tras realizar la actividad se evidencia que no es fácil recordar el texto anterior, se necesita repetir demasiadas veces la lectura para hacer "copias literales", poniéndose así en evidencia las limitaciones del aprendizaje por asociación, basado en la repetición y copia literal de la información en nuestra memoria. Se puede argumentar que lo importante es captar su sentido y recordar el mayor número de ideas, no su expresión literal, en otras palabras, será necesario un aprendizaje que Ausubel denominó **aprendizaje significativo**, distinto del meramente repetitivo o memorístico, ya que se basa en comprender el significado del material y no sólo en memorizarlo mecánicamente. La clave para aprenderlo significativamente podría estar en plantearse ¿cuál es el significado del texto? ¿de qué trata realmente? Para recordarlo después de un tiempo necesitaríamos activar alguna idea general, de nuestra memoria a largo plazo, con la que pueda estar relacionado. En definitiva, el aprendizaje significativo se trataría de un proceso en el que lo que aprendemos es el producto de la información nueva interpretada a la luz de lo que ya sabíamos. No se trata de reproducir información sino de asimilarla o integrarla en nuestros conocimientos anteriores.

En relación al texto de esta actividad se suele responder que trata sobre actividades rutinarias o cotidianas, como estudiar, ordenar una habitación o un despacho, preparar las fotocopias para un grupo-clase, hacer la comida etc. Lo que se logre recordar correctamente dependerá de tu capacidad para activar una idea global en la que incluir los detalles del texto y de tu acierto al activar esa idea. Si no fuera "correcta", probablemente el recuerdo deforme el contenido del texto, ya que nuestra memoria no es meramente reproductiva sino constructiva. La comprensión y el recuerdo del texto serán mejores cuanto más se aproxime el texto a la idea que hayas activado. Así, cuando finalmente leas de nuevo el texto poniéndole delante un título que resume su contenido: "El lavado de ropa" o "Hacer la colada", el recuerdo será mucho más preciso, ya que la mayor parte del texto cobrará entonces sentido.

En este momento de esta segunda secuencia didáctica te proponemos una actividad de recapitulación y revisión de lo que hayas aprendido (metacognición) (A.4.9. del programa-guía del tema 4 en el apartado ACTIVIDADES de este curso) con relación a las ideas previas, el aprendizaje significativo y sus implicaciones didácticas derivables de estos supuestos psicológicos sobre qué es aprender.

Se espera que resalte la importancia de detectar y conocer estas ideas previas o concepciones alternativas antes de empezar a trabajar cualquier tema con las niñas y los niños. También que una vez conocidas, si no coinciden con las científicas, habría que combatir las e intentar cambiarlas. En algunos casos, estudiantes que conocen o han oído hablar del "cambio conceptual", llegan a proponer "*la utilización de actividades que promuevan el conflicto cognitivo que conducirá al cambio conceptual para conseguir una aprendizaje significativo*". Si bien, es necesario resaltar, que en estos casos el conocimiento, a juzgar por cómo suelen expresarlo, sobre dichos aspectos (conflicto cognitivo, cambio conceptual,...) parece aprendido memorísticamente.

Una vez aceptada la importancia de las ideas previas y la necesidad de detectarlas como punto de partida para conseguir un aprendizaje significativo te proponemos una actividad de aplicación A.4.10. (ver programa-guía del tema 4 en el apartado ACTIVIDADES de este curso) para demostrar tu capacidad para diseñar alguna tarea que permita la explicitación de ideas de niñas y niños del último curso de Educación Primaria, sobre "Las células". El texto utilizado está adaptado de Benlloch (1984).

Se espera que hayas propuesto actividades de detección de ideas similares a las utilizadas en la metodología de este curso adaptadas a la Educación Primaria del tipo: KPSI, mapas conceptuales apoyados de dibujos, dibujos, torbellino de ideas, preguntas abiertas, escalas Likert. Puedes analizar la idoneidad y adecuación de tus propuestas, así como completarlas con el texto sobre *Técnicas de detección de ideas del alumnado* que se ofrece en el anexo 2 del programa-guía del tema 4 en el apartado ACTIVIDADES de este curso.

## **HACIA UNA TEORÍA DEL CAMBIO CONCEPTUAL**

Los resultados de la investigación sobre concepciones alternativas no solamente aportaron un volumen de conocimientos importante para que el profesorado conozca las ideas del alumnado, sino que, además contribuyeron a una crítica fundamentada del paradigma de enseñanza-aprendizaje por transmisión verbal de los conocimientos científicos acabados. Se puso en cuestión una concepción pasiva del aprendizaje y lo que supuso un salto cualitativo en la enseñanza ya que hizo emerger una nueva orientación constructivista del aprendizaje de las ciencias. Este nuevo paradigma, donde la o el estudiante, para aprender, debe construir los conocimientos científicos originó diversos modelos de intervención didáctica que tienen como denominador común el uso de estrategias de aprendizaje basadas en el *cambio conceptual* (Furió, 1996)

Sin embargo, el conocimiento del origen, funciones y características de las ideas del alumnado sobre asuntos científicos previas a la instrucción y su comparación con el conocimiento científico, sólo nos ayuda a comprender la naturaleza del problema, que tenemos planteado, pero no nos da ninguna pista sobre cómo resolverlo. La cuestión didáctica sigue siendo la misma ¿cómo facilitar al alumnado la construcción de ideas científicas? O, en la forma en que fue sugerida ¿cómo facilitarles el cambio conceptual?

Dentro del panorama surgido a partir de la investigación ausubeliana, y en un intento de superar el vacío teórico mostrado, en 1982, apareció en *Science Education* un artículo firmado por Posner, G.J; Strike, K.A; Hewson, P.W. and Gertzog, W.A. con el título *Acommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change*, que proponía la construcción de un "modelo de cambio conceptual" (PSHG). Partían del paralelismo entre el aprendizaje y el concepto kuhniano de ciencia revolucionaria, así como de la idea toulminiana de cambio conceptual dentro de una ecología:

extrapolando, así, lo que Toulmin propone para las disciplinas (empresas racionales colectivas) al terreno del aprendizaje (individual).

Estrictamente no se trata de un modelo general de aprendizaje, sino de aquellos aprendizajes entendidos como cambios conceptuales. La originalidad se encuentra en el hecho de que por primera vez se contemplaban explícitamente los aspectos filosóficos y racionales implicados en el cambio conceptual, además de los estrictamente lógicos, bastante conocidos. Es decir, se proponía la epistemología, y no la psicología, como disciplina básica para el estudio del aprendizaje. Los autores del modelo sugerían que si la psicología no había sido todavía capaz de describir adecuadamente el cambio conceptual, era porque detrás de muchas teorías del aprendizaje existía una epistemología superada que había que substituir (Aliberas, 1989).

En la siguiente actividad A.4.11 presentamos la propuesta de cambio conceptual denominada PSHG, para ello te sugerimos la lectura de un resumen traducido del artículo de Posner et al (1982) (Anexo 3 del programa-guía 4), ya que representa, si no la "versión oficial" del enfoque del problema, si la que más seguidores y seguidoras ha tenido. Dicho artículo fue, durante la década de los 90 del siglo XX, sin duda uno de los más citados en las revistas dedicadas a la Didáctica de las Ciencias y algunos de los apartados que presentaba dieron origen a temas de investigación trabajados con profundidad por múltiples autores y autoras. Prueba de su popularidad es que mereció el honor de recibir las referencias por las iniciales de sus autores: el PSHG.

Tras la lectura del texto sobre el PSHG se propone una actividad de recapitulación (A.4.12. ver programa-guía del tema 4) mediante la realización de un Mapa conceptual sobre lo aprendido hasta el momento. Puedes contrastar tu mapa conceptual con el que se muestra en el anexo 4 del programa-guía del tema 4 en el apartado ACTIVIDADES de este curso).

Fruto del gran eco que adquirió la "teoría" del cambio conceptual, surgieron en el campo de la didáctica de las ciencias varias propuestas didácticas constructivistas que pretendían promover el cambio conceptual y que se plasmaron en distintos proyectos para la enseñanza de las ciencias. La mayoría de las propuestas didácticas de quienes se proclamaban constructivistas incluían inevitablemente las fases de: explicitación de las ideas del alumnado, establecimiento de situaciones de conflicto y reestructuración de las ideas primitivas (que consta en muchos casos de introducción de nuevas ideas, o de creación de conflictos cognitivos,...) y aplicación de las nuevas ideas para promover el cambio conceptual en el alumnado, intentando combatir así las concepciones alternativas que hasta entonces se habían mostrado como típicamente resistentes a modificación. En la Figura 1 [elaborada a partir de Cosgrove y Osborne (1985)] se resumen esquemáticamente algunos de los esquemas de secuencias de instrucción dirigidas a promover el cambio conceptual. De ellas las propuestas de Erickson (1979), Nussbaum y Novick (1981, 1982), Cosgrove y Osborne (1985), son las más conocidas. Una de las más elaboradas y que alcanzó gran difusión y prestigio fue el *CHILDREN'S LEARNING IN SCIENCE PROJECT* (CLISP) de la Universidad de Leeds (Driver, 1988).

Karplus et al. (1977) (anterior al PSHG y de influencia piagetiana)	Erickson (1979)	Renner (1982)	Nussbaum y Novick (1981, 1982)	Rowell y Dawson (1983)	Cosgrove y Osborne (1985)	Driver (1986, 1988)
					Preliminar: preparación de la unidad por el o la docente	Orientación Motivación
Exploración	Maniobras de experiencia  Maniobras de clarificación	Experiencias	Exposición de marcos alternativos	Exploración o explicitación de ideas (viejas)	Enfoque: fijación de la atención del alumnado sobre sus propias ideas	Explicitación de ideas
Introducción del concepto y Explicación	Maniobras de anomalía o discrepantes  Maniobras de reestructuración	Interpretación  Elaboración	Creación del conflicto conceptual  Estímulo de la acomodación cognitiva	Introducción de ideas (nuevas)  Confrontación entre ideas viejas, nuevas y realidad	Confrontación: puesta a prueba de las ideas del alumnado	Reestructuración de ideas: – Clarificación e intercambio de ideas – Exposición a situaciones de conflicto – Construcción de nuevas ideas – Evaluación de las nuevas ideas
Aplicación				Aplicación	Aplicación: de conceptos a la resolución de problemas	Aplicación de las nuevas ideas
						Revisión del cambio de ideas

Figura 1. Diversas propuestas o modelos de instrucción para promover el cambio conceptual

Resulta necesario conocer algunas de las propuestas más relevantes que, surgidas a la luz de las visiones del PSHG, pretendían promover el cambio conceptual, pues, aunque el modelo de aprendizaje por cambio conceptual está hoy en día muy contestado y discutido en la didáctica de las ciencias, sin embargo, pensamos que algunas de esas propuestas didácticas (Rowell y Dawson, 1983; Cosgrove y Osborne, 1985; Driver 1986, 1988) tienen mucho que aportar todavía a la transformación de la enseñanza de las ciencias, en el sentido de conseguir que el alumnado modifique sus concepciones iniciales (entendidas como hipótesis de partida) aproximándolas a las científicas, al nivel de profundización que sea posible en función de las edades del alumnado y los contextos de aplicación. Ya no se persigue ese cambio conceptual entendido como sustitución de las viejas ideas por las nuevas, sino que las "viejas" ideas o el conocimiento cotidiano puede coexistir con el científico y activarse o utilizarse uno u otro en función del contexto de aplicación (Solomon, 1983). También podríamos formularlo en los términos de Arcà, Guidoni y Mazzoli (1990) diciendo que aprender ciencias es adquirir otras "maneras de mirar". "Enseñar" ciencias, por tanto, no debería consistir en facilitar la sustitución de las ideas que poseen los niños y niñas por otras científicas, ya que las primeras les resultan útiles e imprescindibles para desenvolverse en su vida diaria, sino que debería consistir en que construyan nuevas maneras de mirar el mundo, que les faciliten una comprensión más acorde con la científica.

Hasta ahora hemos analizado el cambio conceptual, para mostrar el avance que supuso en su momento para la didáctica de las ciencias, así como, suscitar posibles críticas y dificultades planteadas por la investigación reciente en didáctica de las ciencias. También se ha pretendido, a la vez, propiciar una imagen de la didáctica de las ciencias como campo de investigación y disciplina consolidado pero en continua evolución. Ya que "teorías" como la del cambio conceptual, que hace años parecían dar respuesta a muchos problemas didácticos, posteriormente, han recibido numerosas críticas y se han puesto en evidencia sus múltiples dificultades de aplicación a la enseñanza de las ciencias, llegando incluso a ser cuestionada seriamente la necesidad del propio cambio conceptual.

A continuación, con la siguiente actividad de reestructuración de ideas A.4.13. que se presenta en el programa-guía del tema 4 (apartado ACTIVIDADES) se pretende proporcionar información sobre la relación entre los modelos didácticos y las teorías psicológicas en las que se basan, así como distintos aspectos (papel del profesorado, papel del alumnado, ...) que caracterizan cada modelo.

El cuadro podría completarse con propuestas del tipo: El modelo didáctico que podríamos denominar constructivista-interactivo se centra en la construcción de conocimientos (teorías), se apoya en teorías psicológicas constructivistas (Piaget, Kelly, Ausubel, Wittrock) y socio-constructivistas (Vygotski), el aprendizaje es colectivo en interacción, las actividades son interactivas y el o la enseñante desempeña el papel de persona organizadora experta en la materia.

Para finalizar esta tercera secuencia didáctica sobre psicología cognoscitiva, cambio conceptual y modelos didácticos se propone una actividad de recapitulación A.4.14. mediante la lectura del artículo "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". Driver, R. (1986).

Puedes contrastar tus respuestas con la síntesis que se muestra en el anexo 5 del programa-guía del tema 4 en el apartado ACTIVIDADES de este curso.

### **MODELOS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS:**

**La enseñanza tradicional: el modelo de transmisión-recepción.**

**La enseñanza por descubrimiento.**

**El constructivismo y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias**

Un modelo de enseñanza es un plan estructurado para configurar un currículo, diseñar materiales y, en general, orientar la enseñanza (Joyce y Weil, 1972). Estos autores dan cuenta de varias decenas de modelos dirigidos a diferentes campos o tipos de objetivos: de comprensión de conceptos, de desarrollo afectivo, de modificación del comportamiento, etc., y puesto que una formación integral debería perseguir el progreso del alumnado en los diferentes campos, no tienen por qué ser excluyentes.

Para estos autores el análisis de un modelo comprende tanto la descripción de los objetivos que se propone, las hipótesis teóricas en que se sustenta y sus principios fundamentales, como la descripción de cuatro dimensiones que, esquemáticamente son:

- **Sintaxis:** el modelo en acción, el tipo de actividades y su secuencia (fases).
- **Sistema social:** papeles del profesorado y del alumnado; sus relaciones; la estructura (que denominan "fuerte" si el o la docente es el centro de la actividad y "débil" si las actividades implican también al alumnado), las interacciones en el aula...
- **Principios de reacción:** reglas sobre cómo responder a lo que hace el alumnado.
- **Sistema de apoyo:** condiciones necesarias para la existencia del modelo, exigencias adicionales, recursos, personalidad del o de la docente, etc.

Para la ejemplificación del esquema propuesto por Joyce y Weil en las siguientes figura 2, 3 y 4 presentamos los esquemas de Jiménez (1996) aplicados al análisis de los tres modelos utilizados en la enseñanza aprendizaje de las ciencias: la enseñanza tradicional (transmisión-recepción), la enseñanza por descubrimiento y la propuesta constructivista.



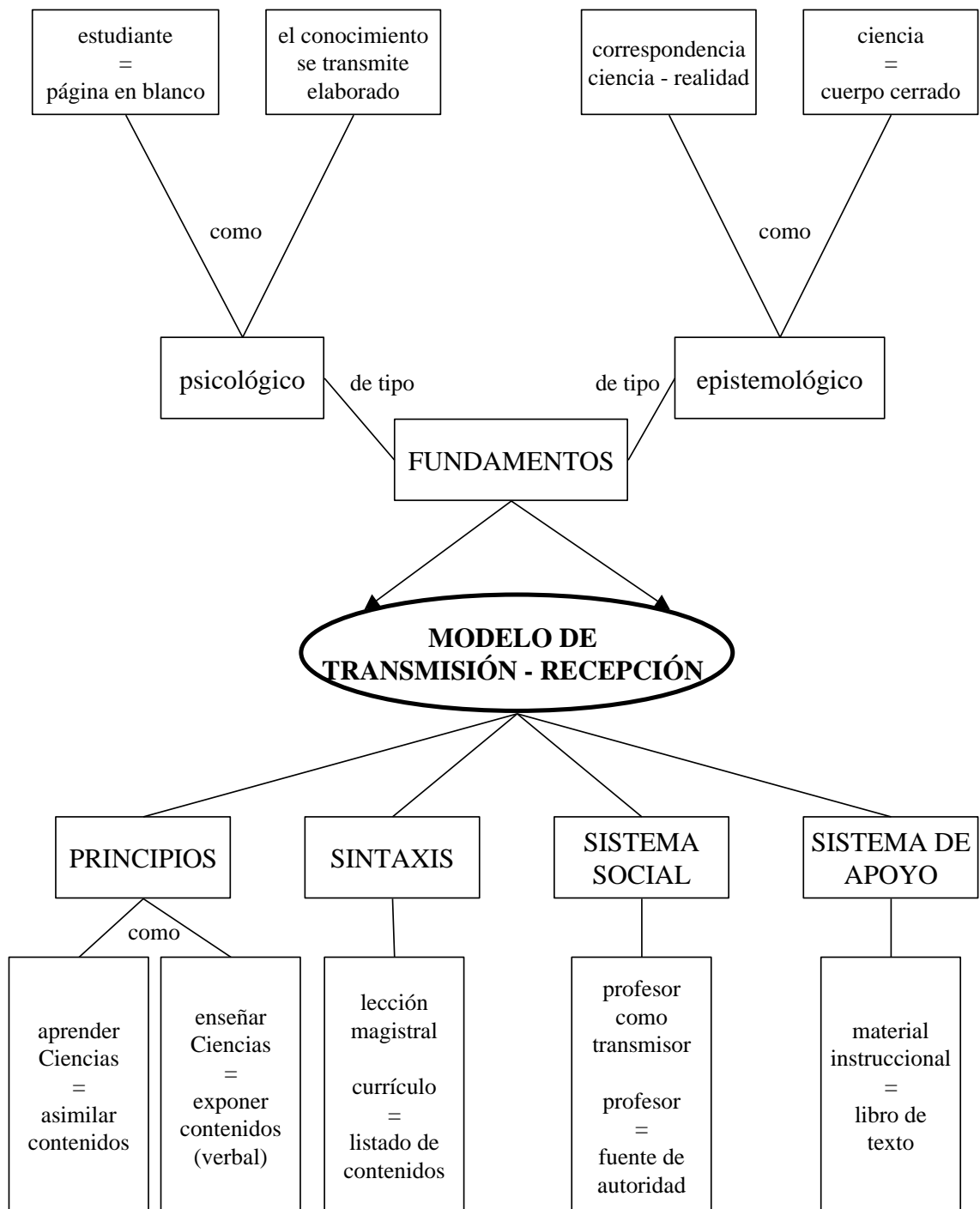


Figura 2. La enseñanza tradicional (transmisión-recepción) (Jiménez, 1996)

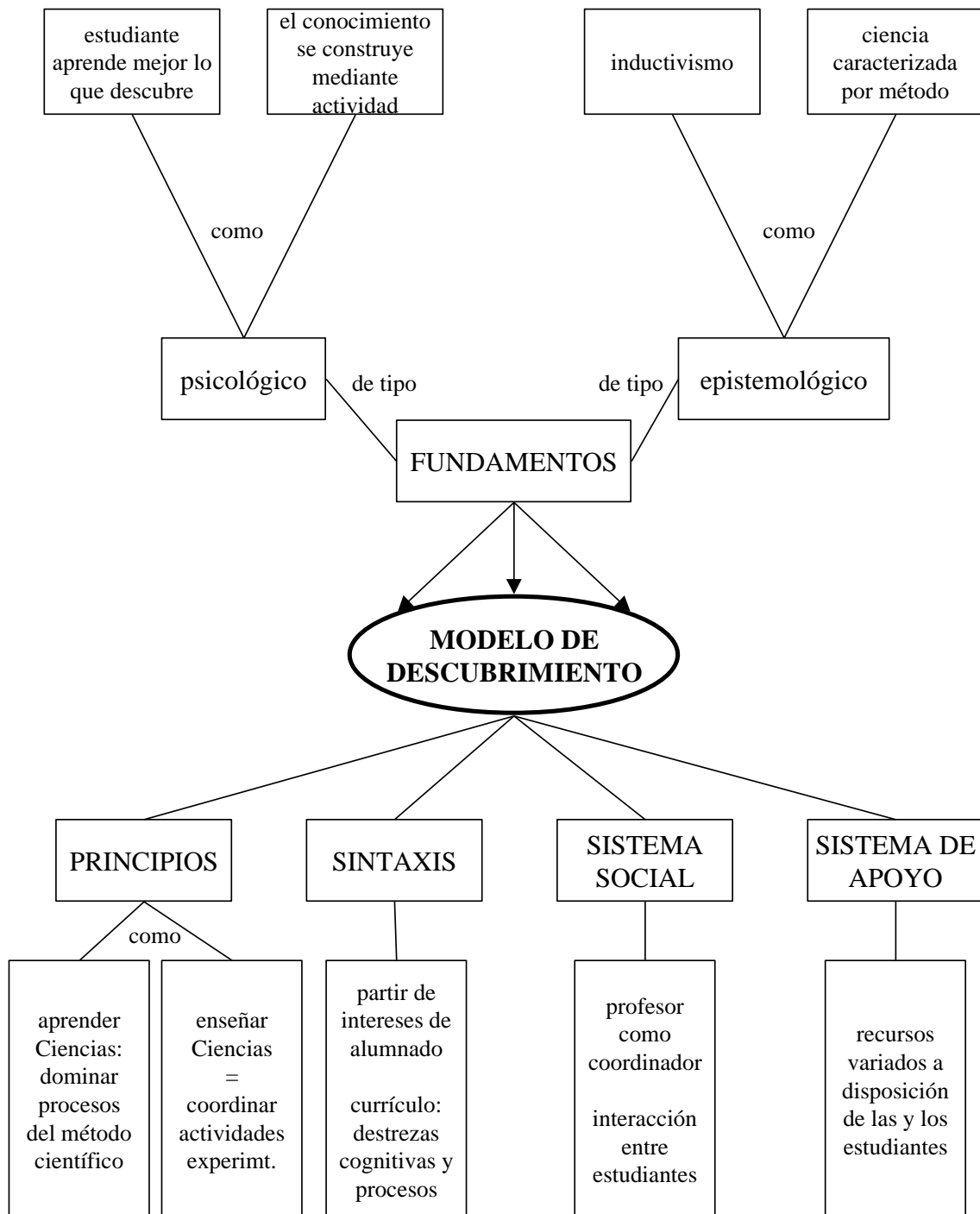


Figura 3. La enseñanza por descubrimiento (Jiménez, 1996)

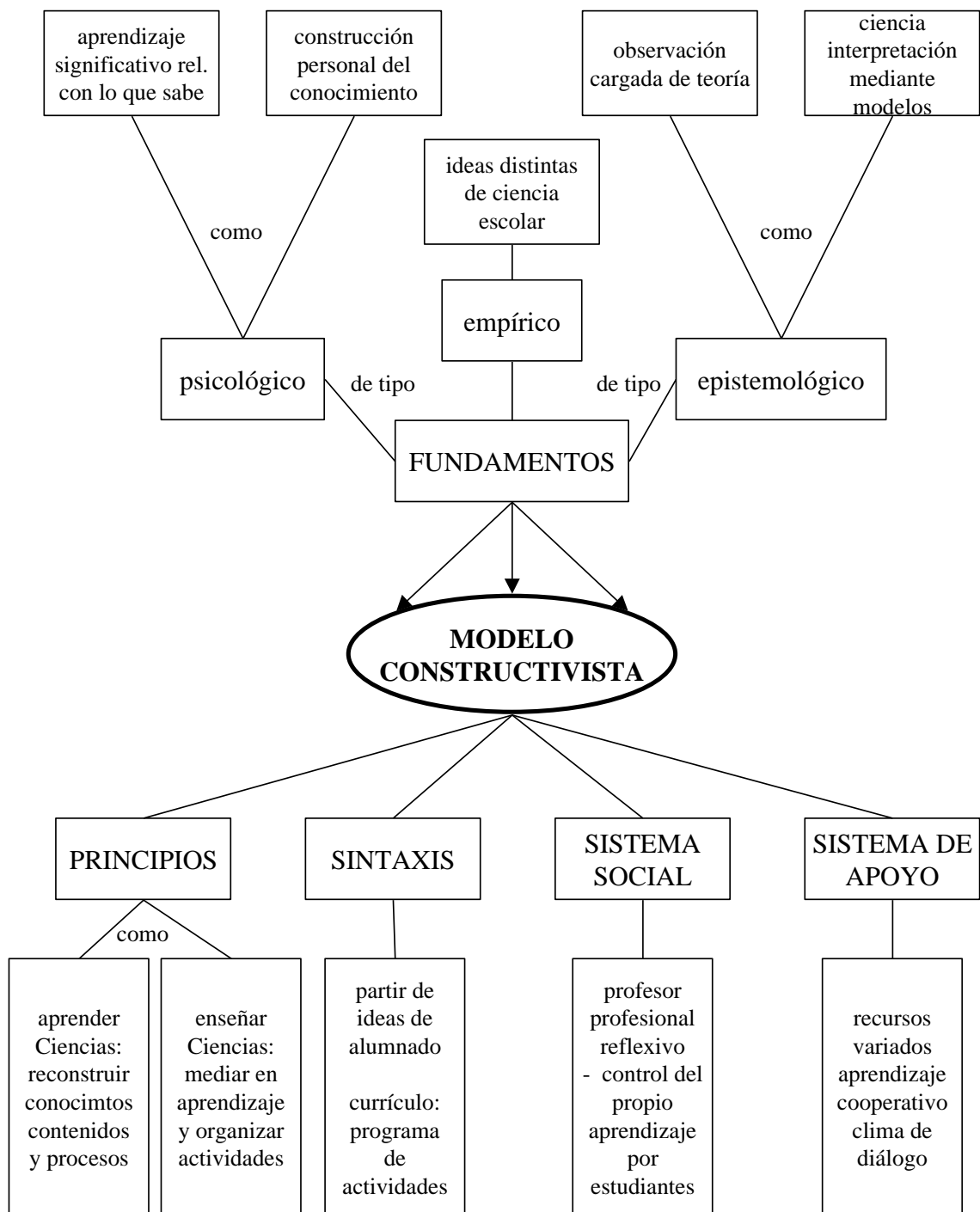


Figura 4. La propuesta constructivista (Jiménez, 1996)

Una vez presentados los tres modelos utilizados en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, con la siguiente actividad de aplicación A.4.15., traducida y adaptada de Harlen (1985), se pretende que te inicies en el análisis crítico e identificación de modelos didácticos implícitos en las diferentes estrategias. La propuesta analizada está basada en el modelo de descubrimiento.

Las propuestas de enseñanza-aprendizaje por descubrimiento supusieron una gran transformación en la enseñanza, pero muchos de los proyectos basados en ella no funcionaron como se esperaba. Black (1983) señala que el énfasis en los procesos y destrezas sin atención a los conceptos puede ser una de las razones de su fracaso. Harlen (1983) discute la cuestión de dar prioridad al interés de los niños y niñas, señalando las dificultades que implica guiarse por ese interés, ya que los intereses en una clase pueden diferir enormemente. Según nuestra experiencia las propuestas de descubrimiento suelen presentar un gran atractivo para el futuro profesorado en formación inicial, y es importante una discusión matizada sobre ellas, poniendo de manifiesto sus aspectos positivos y al mismo tiempo señalando que no se pueden dejar de lado los contenidos conceptuales y los actitudinales.

En la siguiente actividad A.4.16 del programa-guía del tema 4 (apartado ACTIVIDADES), traducida y adaptada del Proyecto Primary SPACE (Science Processes And Concept Exploration) de Osborne, Wadsworth, Black y Meadows (1994): *The Earth in Space (La Tierra en el espacio)*, se presenta una propuesta claramente constructivista, con la que no sólo se pretende que sigas ejercitando tu capacidad de análisis de propuestas didácticas, sino que a la vez introduce nuevos tipos de actividades y estrategias que no van dirigidas al cambio conceptual, sino que pretenden promover la evolución de las concepciones del alumnado hacia otras más complejas. A partir de sus ideas e introduciendo nuevos puntos de vista, que parten de lo concreto (contextualizado en su experiencia en la vida cotidiana) y van dirigiéndose a lo abstracto progresivamente, pretenden favorecer la construcción gradual de modelos explicativos más acordes con los científicos.

Se pretende que profundices en la caracterización de la propuesta o secuencia presentada. Delimitando y resaltando la forma de trabajo en el aula, papel del alumnado y del profesor o profesora. En definitiva, se pretende que extraigas los rasgos o características más relevantes que hacen que dicha propuesta resulte eficiente, a juzgar por los resultados de su experimentación en escuelas de Educación Primaria inglesas. El Proyecto SPACE fue experimentado y evaluado su eficacia desde 1989 a 1994. En el informe de la investigación Jonathan Osborne et al. (1994) señalan: *"Lo que se desprende de este estudio es la idea de que el conocimiento infantil sobre sucesos astronómicos parece ser un proceso que se desarrolla con la edad. Adicionalmente, en muchos casos, la intervención ha tenido un efecto positivo en la mejora de su conocimiento y comprensión. Una cuestión esencial a tener en consideración sería clarificar si este progreso representa un cambio coherente hacia algún tipo de "teoría" sobre las estructuras que pueden estar utilizando los niños y niñas o, si en realidad, el progreso sería mejor caracterizado como simples mejoras en partes del conocimiento no relacionadas que son esencialmente de naturaleza figurativa. Tal conocimiento suele ser, típicamente, muy dependiente del contexto y caracterizado por una representación simbólica que se corresponde directamente con el propio fenómeno"*.

Para fomentar la autorregulación de los aprendizajes que hayas conseguido hasta el momento, utiliza la parrilla de observación que elaboraste en la actividad A.4.0. (ver A.4.17 del programa-guía del tema 4 apartado ACTIVIDADES)

## PROPUESTAS DIDÁCTICAS CONSTRUCTIVISTAS

A la vista de todo lo anterior nos planteamos ¿qué clase o clases de dispositivos didácticos facilitan que cada estudiante pueda avanzar en su proceso de aprendizaje, desde sus condicionantes previos y en el conjunto de un grupo diverso?

Cualquier diseño pedagógico es tan sólo una hipótesis de trabajo que el profesorado debe ir regulando en función de lo que sucede en el aula. No hay reglas o recetas generalizables para cada situación. Actualmente se trabaja con modelos en los que las actividades se secuencian considerando distintas fases en el proceso de construcción de los nuevos conocimientos, en función de objetivos didácticos específicos. Existen muchas propuestas distintas en este curso optamos por la de Jorba y Sanmartí (1996) que se representa en la figura 5.

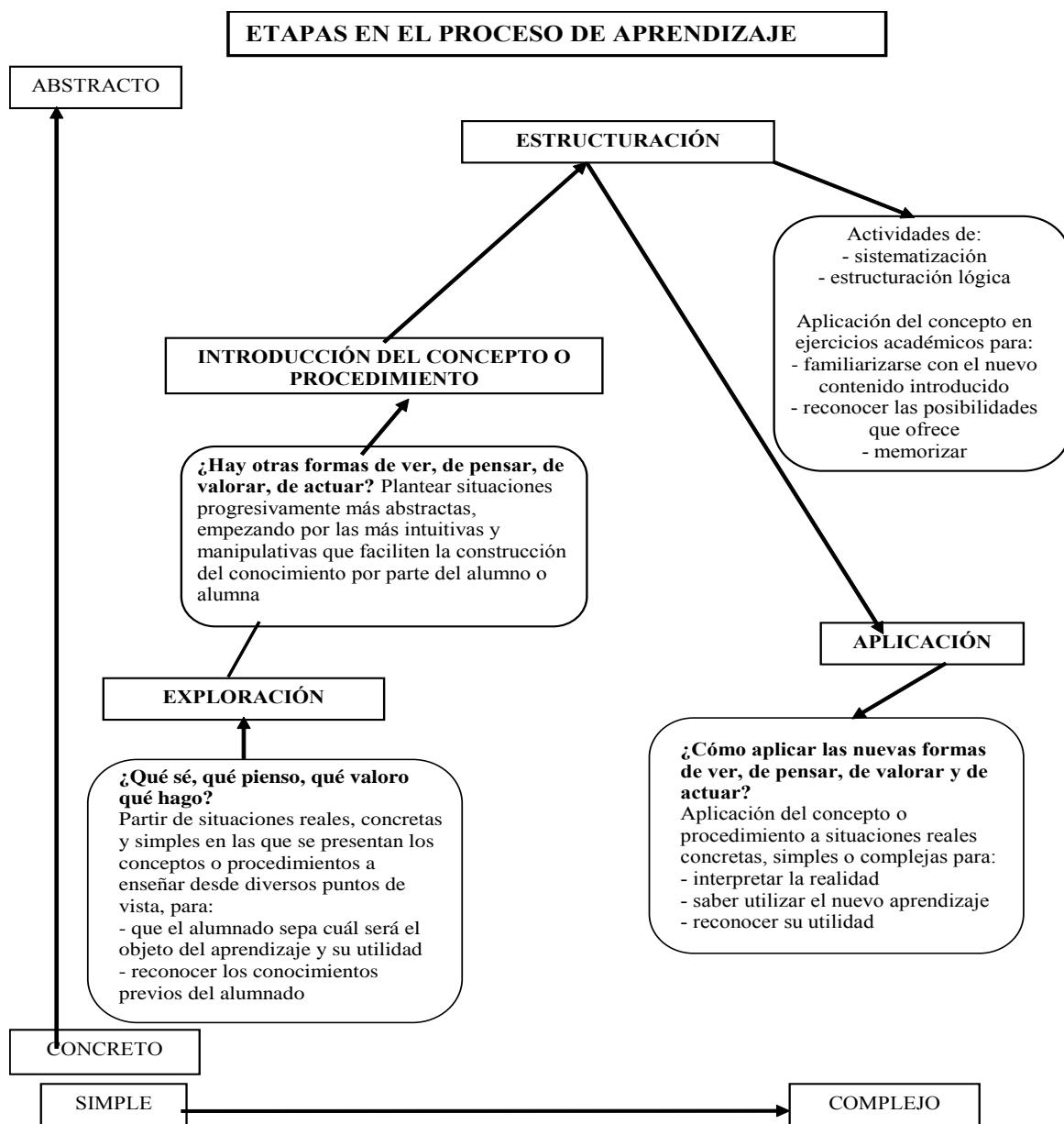


Figura 5. Ciclo de aprendizaje: etapas en el proceso de aprendizaje (Jorba y Sanmartí, 1996)

Tras realizar la actividad A.4.18. del programa-guía del tema 4 del apartado ACTIVIDADES en la que se presenta una ejemplificación tomada de Jorba, J. y Sanmartí, N. (1994) sobre la aplicación del ciclo de aprendizaje de la figura 5 es necesario que dediques especial importancia al análisis de los tres referentes en que se fundamenta la propuesta:

- Planteamiento de secuencias de aprendizaje que faciliten la construcción de una cierta modelización por parte del alumnado, siguiendo unos ejes simple-complejo y concreto-abstracto que se relacionan con los tiempos o fases del proceso enseñanza-aprendizaje, vinculadas con la exploración, con la introducción de nuevos puntos de vista, con la estructuración y con la aplicación.
- Facilitación del proceso de regulación del profesorado y de autorregulación del alumnado. Las actividades están orientadas a facilitar la regulación continua de los aprendizajes. Organización del grupo-clase en grupos cooperativos (heterogéneos) ya que facilita la regulación de sus miembros y su autonomía. Se fomenta la crítica mutua, la comunicación entre estudiantes y con el o la enseñante. Generalmente se parte de un trabajo individual, que se discute en pequeño grupo, se debate en gran grupo y finalmente se vuelve a un trabajo individual de reelaboración de producciones propias.
- Tratamiento interdisciplinar de los temas siempre que sea factible por la naturaleza de los contenidos a tratar. Permite que el alumnado reconozca la complejidad de los fenómenos y hechos reales, y la necesidad de distintas disciplinas para explicarlos globalmente.

En definitiva, se pretende presentar una propuesta explícitamente constructivista, la de Jorba y Sanmartí (1993), estructurada alrededor de la llamada *regulación continua* de los aprendizajes. **Regulación** tanto en el sentido de adecuación de los procedimientos utilizados por el profesorado a las necesidades y progresos del alumnado, como de autorregulación para conseguir que las y los estudiantes vayan construyendo un sistema personal de aprender y adquieran la mayor autonomía posible. **Continua** porque esta regulación no se da en un momento específico de la acción pedagógica, sino que debe ser uno de sus componentes permanentes.

A continuación te proponemos una actividad de aplicación A.4.19 para que reflexiones sobre cómo estás percibiendo la metodología utilizada en este curso, así como tu capacidad para identificar y analizar propuestas concretas de enseñanza-aprendizaje, desde la perspectiva que se pretende vayas construyendo a lo largo de este curso.

Cabría esperar que hayas identificado la metodología de este curso como constructivista y que encuentres ciertas similitudes con aspectos de la metodología propuesta por Jorba y Sanmartí (1994), por ejemplo: fases del ciclo de aprendizaje, algunos aspectos de la regulación y autorregulación, papel del alumnado y del profesorado, etc., ya que consideramos dicha propuesta muy idónea para promover aprendizajes desde la perspectiva de este curso, a través de la cual se pretende transmitir esa metodología.

Una vez caracterizada la propuesta metodológica de Jorba y Sanmartí (1994) se pretende que profundices en el tema de la regulación continua, ya que suele ser lo más desconocido por el alumnado. Para ello te proponemos una lectura sobre la

"Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos" tomada de Sanmartí y Jorba (1995). *Alambique* 4, 59-77. Podrás encontrar el artículo en la Revista Alambique de las bibliotecas de la UPV/EHU.

En este artículo se presenta y discute cómo integrar la evaluación, entendida como regulación continua, en el ciclo de aprendizaje (presentado en la figura 5). En la figura 6 se muestra un esquema para el diseño de unidades didácticas donde se integran las actividades de enseñanza-aprendizaje del ciclo de aprendizaje de la figura 5 con las estrategias de evaluación entendida como regulación y autorregulación.

### DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA

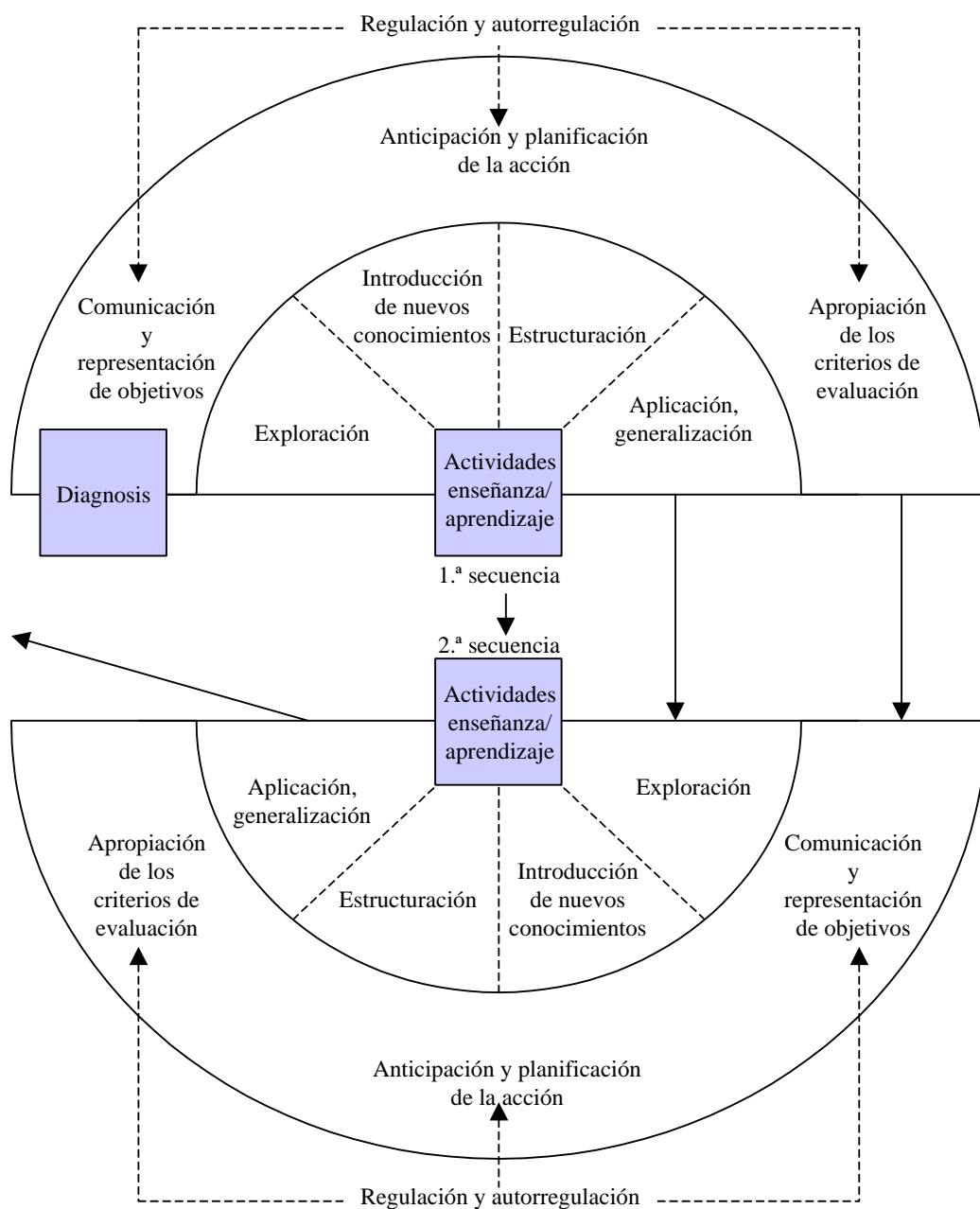


Figura 6. Diseño de una unidad didáctica (Jorba y Sanmartí, 1993)

Una vez presentado el modelo de Jorba y Sanmartí (1993) te proponemos la actividad A.4.21. del programa-guía del tema 4 del apartado ACTIVIDADES, para que de nuevo apliques tus nuevos conocimientos sobre autorregulación para reflexionar sobre aquellas actividades utilizadas en los programas-guía de este curso e identificar las que pretendían promover la regulación y la autorregulación y valorar su eficacia didáctica. En definitiva, se pretende que autoevalúes tu percepción de la metodología utilizada en este curso, así como tu capacidad para identificar y analizar propuestas concretas de enseñanza-aprendizaje, desde la perspectiva que se espera vayas construyendo a lo largo del curso.

Para finalizar esta secuencia didáctica sobre propuestas didácticas constructivistas realiza la actividad A.4.22. a modo de síntesis y como actividad de metacognición, recapitula en tu diario lo que has aprendido hasta el momento desde la última vez que lo utilizaste y cómo crees que lo has aprendido. Puedes utilizar la propuesta de diario de la actividad A.3.0. del tema 3.

## **ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN INTEGRADA EN EL APRENDIZAJE. AUTORREGULACIÓN**

A continuación empezamos una nueva secuencia didáctica para trabajar la evaluación entendida como regulación continua e integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se pretende que conozcas nuevos modos de "mirar" la evaluación, así como algunas estrategias e instrumentos que puedan facilitarla.

Comenzaremos con varias actividades de explicitación de ideas. En la primera de ellas A.4.23., tomada de Alonso, Gil y Martínez Torregrosa (1991), explorarás tus concepciones sobre qué es evaluar, qué funciones y finalidades tiene, ... para que hagas explícitas las ideas y modelos sobre la evaluación que posees fruto de tu formación ambiental, durante tu etapa de estudiante.

Puedes comparar tus respuestas con las obtenidas con profesorado en formación inicial que se muestran en el anexo 6 del programa-guía del tema 4 del apartado ACTIVIDADES de este curso. Como puede verse sus respuestas ofrecen una amplia variedad de cuestiones para reflexionar sobre el asunto de la evaluación.

Con la siguiente actividad A.4.24, también de explicitación de ideas, tomada de Jorba y Sanmartí (1996), se pretende que reconozcas tus conocimientos en relación al concepto de evaluación y nuevos objetivos de la misma.

Para finalizar esta serie de actividades de exploración de ideas, con la siguiente actividad A.4.25, se pretende que mediante un cuestionario tipo KPSI, sigas explorando y autoevaluando tu comprensión sobre conceptos y aspectos concretos de tendencias actuales en evaluación aplicadas a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Una vez que eres consciente de tus conocimientos previos sobre la evaluación con la siguiente actividad A.4.26. se pretende que conozcas el modelo o propuesta de evaluación recogido en el Decreto Curricular de Educación Primaria de la Comunidad



Autónoma Vasca, mediante la lectura de un resumen del mismo que se muestra en el anexo 7 del programa-guía del tema 4 en el apartado ACTIVIDADES del curso. Si bien dicha propuesta no contempla la evaluación formadora, que introduciremos más adelante, recoge muchos aspectos o tendencias actuales en evaluación, por lo que resulta indicada para la introducción de nueva información sobre la evaluación.

Tras la lectura del texto con la finalidad de reestructurar tus nuevas ideas te proponemos la elaboración de un mapa conceptual en el que relaciones los conceptos aparecidos en dicho resumen sobre la evaluación. Puedes contrastar tu mapa con los que se muestran en el anexo 8 del programa-guía del tema 4 del apartado ACTIVIDADES, elaborados a partir del resumen (anexo 7) de las directrices para la evaluación propuestas en el Decreto Curricular de la CAV.

## FUNCIÓN PEDAGÓGICA DE LA EVALUACIÓN: EVALUACIÓN FORMADORA

Cambiar el modelo sobre cómo aprenden las personas y, en consecuencia, sobre cómo enseñar, conlleva un cambio en todas las prácticas educativas incluidas en la profesión de enseñante. Sin duda, algunos de los cambios más radicales son los que hacen referencia a la función de las actividades de evaluación, a su tipología, a su relación con las otras actividades que se realizan en el marco escolar y, muy especialmente, a quién evalúa.

Desde los planteamientos socio-constructivistas del aprendizaje, toda situación de enseñanza-aprendizaje se contempla fundamentalmente como una situación de comunicación social en la que la evaluación, y más aún, la autoevaluación y la coevaluación, constituyen forzosamente el motor de todo proceso de construcción del conocimiento. Constantemente quien enseña y quienes aprenden deben estar obteniendo datos y valorando la coherencia de los modelos expuestos y de los procedimientos que se aplican y, en función de ellos, tomando decisiones sobre la conveniencia de introducir cambios en los mismos.

En el marco de estos nuevos modelos de enseñanza, la evaluación y la autoevaluación formativa tienen la función de motor de la evolución o cambio en la representación del modelo. Sin autoevaluación del significado que tienen los nuevos datos, las nuevas informaciones, las distintas maneras de entender o de hacer no habrá progreso. Sin evaluación de las necesidades del alumnado no habrá tarea efectiva del profesorado. Por ello, se puede afirmar que enseñar, aprender y evaluar son en realidad tres procesos inseparables (Jorba y Sanmartí, 1997).

Pero, ¿qué aspectos del proceso de aprendizaje son los más importantes a evaluar y en qué momentos? Aunque para esta pregunta habría muchas respuestas, resulta muy interesante la formulada por Nunziati (1990). En su propuesta, se introduce un nuevo aspecto sobre la evaluación, la denominada evaluación formadora, según la cuál es fundamental regular (y autorregular) en el alumnado los siguientes aspectos:

- Evaluación del grado de identificación de los objetivos de las actividades de aprendizaje o regulación de la representación de los objetivos de aprendizaje.
- Evaluación o regulación de la capacidad de anticipación y planificación de la acción.
- Evaluación del grado de identificación de los criterios de evaluación y regulación de la capacidad para autogestionar los errores y dificultades.

Para adquirir nueva información sobre la evaluación formadora en la actividad A.4.27 del programa-guía del tema 4 apartado ACTIVIDADES se propone la lectura del artículo de Jorba y Sanmartí (1993): "La función pedagógica de la evaluación" para compares su propuesta con la propuesta de evaluación recogida en el resumen del anexo 7 del citado programa-guía 4, que has sistematizado en el mapa conceptual de la actividad anterior y se proponen algunas preguntas para la reflexión sobre ambas propuestas.

Se espera que tras la actividad anterior hayas comprendido en qué consiste y que aporta al proceso de enseñar y aprender la **evaluación formadora**, entendida como dispositivo pedagógico en el que la regulación de los aprendizajes se pretende que vaya siendo, de manera progresiva, responsabilidad del alumno o alumna. La evaluación formadora constituye una superación de la evaluación formativa, en la cual dicha función es esencialmente responsabilidad del profesorado. Así, a los objetivos propios de la evaluación formativa (la regulación pedagógica, la gestión de los errores y el refuerzo de los éxitos) se le añaden los de:

- la elaboración de una representación de los objetivos
- la anticipación y planificación de la acción
- la apropiación de los criterios e instrumentos de evaluación
- la autogestión de los errores que se consideran objetivos prioritarios de aprendizaje.

Sería interesante que integres lo aprendido ahora sobre la evaluación formadora con lo aprendido sobre el proceso de autorregulación, retomando lo que has trabajado y analizado a partir del artículo de (Sanmartí y Jorba, 1995) "Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos", en la actividad A.4.20 del programa-guía del tema 4.

Conviene también resaltar cómo desde esta perspectiva la evaluación deja de ser una actividad final y se convierte en el motor del proceso de construcción del conocimiento. Cambiar el modelo de evaluación tradicional por uno **integrado** en el proceso de enseñanza-aprendizaje implica cambios en el diseño curricular, en la organización del aula y en muchos otros aspectos. Por lo tanto si entendemos el aprendizaje como un proceso de reestructuración de conocimientos realizado por la persona que aprende, es fundamental la evaluación formativa, que permite conocer si las actividades de aprendizaje propuestas por el profesor o profesora interesan al alumnado, si son adecuadas a sus capacidades,...; en otras palabras, si esa ayuda pedagógica está situada en la zona de desarrollo potencial. Este tipo de evaluación tiene una función **reguladora** del proceso de enseñanza-aprendizaje (Jorba y Sanmartí, 1993), y pretende detectar los puntos débiles del proceso más que sus resultados; se interesa más en comprender la forma en que las y los estudiantes se enfrentan a las tareas y en examinar la idoneidad de las estrategias utilizadas.

Para consolidar y aplicar tus aprendizajes sobre la evaluación formadora en la actividad A.4.28 se propone que relaciones la nueva información presentada en la propuesta de Jorba y Sanmartí, con la metodología utilizada en el desarrollo de este curso, para clarificar la propuesta e identificar los instrumentos didácticos que se utilizan, así como para promover la reflexión sobre su eficacia en la autorregulación de tus propios aprendizajes.

Tras la reflexión anterior sobre la evaluación formadora y su utilización en este curso, te proponemos una actividad de aplicación (A.4.29 del programa-guía del tema 4 del apartado ACTIVIDADES) para que extrapoles las implicaciones de lo tratado sobre la evaluación a la práctica en el aula de ciencias. Te proponemos que analices críticamente una propuesta de evaluación tomada de un libro de texto del Conocimiento del Medio de 4º de Primaria y que además la modifiques a la luz de los nuevos puntos de vista sobre evaluación que hemos ido trabajando, diseñando, para ello, tus propias actividades y modo de evaluación.

Continuando con la fase de aplicación de tus nuevos conocimientos sobre evaluación, en la siguiente actividad A.4.30 se te propone que diseñes una propuesta de evaluación (coherente con la perspectiva que estamos construyendo en este curso) para la secuencia didáctica del Proyecto Space analizada en la actividad A.4.16. El tema de la secuencia es el mismo que en la actividad anterior (A.4.29.) para que la reflexión previa y la propuesta que hayas hecho te sirva como punto de partida, para reformularla, a la luz de la propia metodología empleada en la secuencia del Proyecto SPACE.

Para finalizar, te proponemos una actividad de revisión-metacognición A.3.31. para que evalúes hasta qué punto te ha resultado coherente la metodología y evaluación del curso con la perspectiva que se quería transmitir por medio de la misma. Además, se pretende estimular tu metacognición, en el sentido de que reflexiones sobre tus nuevos conocimientos, cómo los has adquirido y si has sido capaz de autorregularte.

También te recomendamos la lectura de algunos artículos y capítulos de libros para profundizar en el tema, reseñados en la bibliografía del tema 4 del apartado BIBLIOGRAFÍA de este curso y la elaboración de síntesis.