

PENSAMIENTO CIENTÍFICO-CREATIVO

2012

Importancia Del Pensamiento Científico-Creativo

Teniendo en cuenta que la ciencia y sus avances se han convertido en el principal motor económico y de desarrollo de las naciones, es importante dotar a nuestros jóvenes con las herramientas necesarias para que puedan ser ciudadanos de provecho para la sociedad en la que habrán de vivir y desarrollarse. Una sociedad caracterizada por un cambio rápido en las cuales el pensamiento científico y creativo serán herramientas imprescindibles (Abdullah y Osman, 2010).

Según los principios que guían la educación después de la reforma educativa de 1990 (LOGSE) se proclama una enseñanza dirigida a “aprender a aprender”. Sin embargo, según indican los últimos resultados del ranking educativo, nuestros alumnos rinden muy por debajo de los alumnos de otros países (Informe PISA, 2009ⁱ). Concretamente el informe PISA nos sitúa en el último puesto en cuanto a la educación en ciencias se refiere. Sigue habiendo una distancia de entre 12 y 13 puntos por debajo de la media de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, según destacaron diversos medios sobre este estudio.

Según los especialistas convocados por la OCDE “la competencia científica incluye los conocimientos científicos¹ y el uso que de esos conocimientos haga un individuo para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar los fenómenos científicos y sacar conclusiones basadas en evidencias, sobre asuntos relacionados con la ciencia”. Las tres sub-competencias implicadas en la definición anterior podrían delimitarse de la siguiente manera; identificar asuntos o temas científicos, que exija aplicar el pensamiento creativo; explicar científicamente los fenómenos, utilizando los procesos y habilidades propios del pensamiento creativo; y usar la evidencia científica de manera creativa.

Al hilo de esto hemos de destacar que la educación en el área de ciencias no debería limitarse a un conjunto de conocimientos aislados, sino más bien al desarrollo de ciertas

¹ El conocimiento científico se caracteriza por ser: Fático porque parte de los hechos dados en la realidad, es trascendente en cuanto que va mas allá de los hechos; analítico por descomponer y recomponer él todo y sus partes del objeto de estudio; Claro y Preciso ya que en la ciencia no caben imprecisiones o vaguedades; Simbólico ya que es tan amplio que requiere de símbolos para explicarse mejor; Comunicable porque se dirige al mundo; Verificable ya que el conocimiento obtenido de forma científica es objeto de la observación y la experimentación para enriquecerlo ; Metódico porque todo se planea y todo se organiza; Explicativo ya que busca explicar en forma satisfactoria los hechos; Predictivo porque desde el presente se puede ir al pasado o al futuro y con ello puede modificar favorablemente el desarrollo de los acontecimientos en beneficio de la sociedad; Abierto ya que esta en evolución y cambio en forma permanente y Útil porque aporta y contribuye a mejorar la sociedad.

habilidades de razonamiento científico que posibilita a los alumnos la generación de nuevos conocimientos y adquisición de habilidades necesarias para explicar conceptos de forma científica y las relaciones entre esos conceptos (Songer y Wenk, 2003). Sin embargo, en nuestro país tradicionalmente la enseñanza en el área de ciencias ha tenido un carácter predominantemente expositivo y memorístico. En la mayoría de los contextos educativos de nuestro país la enseñanza y el aprendizaje enfatizan prioritariamente la adquisición conocimientos y conceptos, e incluso, a menudo, se espera que un aprendizaje consistente y riguroso de los contenidos de aprendizaje desarrollara en los alumnos sus capacidades de razonamiento. Sin embargo, según afirman Bao et al. (2009) no hay suficientes evidencias que apoyen la interacción entre el conocimiento de hechos científicos y el desarrollo de las habilidades generales de razonamiento.

Respecto a los antecedentes y estado actual de las investigaciones sobre los estudios del pensamiento científico y creativo hemos de decir que ha sido un tópico de gran interés tanto para los psicólogos como para los educadores. Vamos a analizar ambos tipos de pensamiento y la relación entre ellos.

Qué Es El Pensamiento Científico-Creativo

En primer lugar, hay destacar que el pensamiento es un proceso mental o resultado de una forma peculiar de acción. Por lo general se pone en marcha ante una situación paralela en la que no hay una respuesta inmediata, pero que exige solución. El resultado de pensar es una situación individual más o menos innovadora a la situación concreta a la que se origina y que se ha producido por una mente que elabora la información sensible y construye representaciones más generales y abstractas que simbolizan y construyen a los objetos. Compuesto por un conjunto de habilidades cognitivas necesarias para memorizar y recordar hechos e informaciones; clarificar e interpretar informaciones; hacer análisis y síntesis sobre los hechos e informaciones; generar ideas a partir de otras dadas; tomar decisiones, resolver problemas y planificar. Pensar es manipular ideas, es decir combinarlas, producirlas, restringirlas, incrementarlas o realizar con ellas cualquier otro tipo de proceso. Implica la utilización del pensamiento creativo (Donald, 2002; Dunbar, 2001; Li & Klahr, 2006; Paul & Elder, 2003).

Respecto al pensamiento científico hay que decir que es el proceso cognitivo que está dirigido a la búsqueda de lo esencialmente nuevo, que constituye el reflejo mediato y generalizado de la realidad y que da la posibilidad de valorar aquello que no se observa directamente, de prever el resultado futuro de las acciones humanas y comprender las pasadas. Un objetivo importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje es conocer los procesos del pensamiento del alumno, con los cuales tiene que operar para cumplir los propósitos de la actividad que realiza. Magno (2010, 2011), estudia la naturaleza del pensamiento científico a través de la exploración y confirmación de sus factores. Lo define como los procesos de pensamiento que se utilizan en la ciencia, incluyendo los procesos

cognitivos implicados en el diseño de la teoría de la generación del experimentos, prueba de hipótesis, interpretación de datos y los descubrimientos científicos (Dejonckheere, Van De Keere, & Mestdagh, 2010; Zimmerman, C. (2007).

Para Dunbar y Fugelsang (2004) el pensamiento científico se define como el conjunto de procesos mentales que se usan cuando se razona sobre el contenido científico, implica engancharse en actividades científicas típicas, o en tipos específicos de razonamiento que son usados frecuentemente en ciencias (como la deducción). Así definido, este razonamiento implica operaciones cognitivas orientadas a un propósito general (que pueden ser aplicadas en dominios no científicos, como son la inducción deducción, analogía, resolución de problemas, y razonamiento causal). Es importante además resaltar que, casi por definición la investigación científica requiere de la creatividad para ir más allá del conocimiento y las técnicas dado (conocido, establecido), para crear nuevas formas de entender la realidad. Pero incluso a un nivel más mundano, resolver problemas en ciencias requiere que los estudiantes exploren su repertorio, imaginen formas distintas de solución, y frecuentemente crear combinaciones novedosas de conocimiento o técnicas para dar una solución. Por esta razón, la creatividad científica debería ser considerada como una parte importante dentro del pensamiento científico (Weiping & Philip, 2002).

El razonamiento científico, ampliamente definido, incluye las habilidades de pensamiento implicadas en la interrogación o preguntas (inquiry, la evaluación de las evidencias, la inferencia y la argumentación que se hacen al servicio del “cambio conceptual” o “entendimiento científico”. Por lo tanto, el núcleo está en las habilidades de razonamiento y pensamiento que apoyan la formación y modificación de conceptos y teorías sobre el mundo natural y social (Zimmerman, 2005).

Paul y Elder (2003) identifican como elementos del pensamiento científico los siguientes: el propósito del pensamiento; las pregunta en cuestión; la información científica de la que se dispone; las inferencias; las interpretaciones científicas, los conceptos científicos, los supuestos científicos; las implicaciones científicas y los puntos de vista. Estos mismos autores hablan de la evolución en el pensamiento científico. Establecen que:

- **Pensador No Científico** : No es conciente problemas significativos en nuestro pensamiento sobre los temas científicos, de ahí que sea incapaz de distinguir la ciencia de la pseudo ciencia
- **Pensador Desafiado:** Comienza a reconocer el hecho de que a menudo falla en pensar científicamente cuando trata con cuestiones científica
- **Pensador Científico Principiante:** Trata de mejorar su pensamiento científico pero sin practicas regulares
- **Pensador Científico practicante:** Reconoce la necesidad de la practica regular (frecuente)
- **Pensador Científico avanzado:** Avanza en seguir con su practica

- **Pensador Científico conseguido “Accomplished”**: tiene buenos hábitos de pensamiento científico y este se convierte en su segunda naturaleza

Los trabajos del grupo de investigación Altas Habilidades de la universidad de Murcia, el pensamiento científico es el proceso cognitivo que está dirigido a la búsqueda de lo esencialmente nuevo, que constituye el reflejo mediato y generalizado de la realidad y que da la posibilidad de valorar aquello que no se observa directamente, de prever el resultado futuro de las acciones humanas y comprender las pasadas (Prieto, Ferrando, Hernández y Sáinz, 2011 a y b). Un objetivo importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje es conocer los procesos del pensamiento del alumno, con los cuales tiene que operar para cumplir los propósitos de la actividad que realiza es el proceso cognitivo que está dirigido a la búsqueda de lo esencialmente nuevo, que constituye el reflejo mediato y generalizado de la realidad y que da la posibilidad de valorar aquello que no se observa directamente, de prever el resultado futuro de las acciones humanas y comprender las pasadas.

Y, el pensamiento creativo se define como la capacidad del científico para reestructurar las ideas, redefinirlas de manera original y proponer soluciones ingeniosas. El pensamiento creativo consiste en generar ideas, productos o formas de ver las cosas de manera diferente. Los niños con este tipo de pensamiento destacan por sus destrezas en diseñar, planificar, producir e inventar cosas. A pesar de que la escuela potencia el desarrollo del pensamiento lógico-racional, es de gran importancia vincular a este desarrollo un proceso creativo. Porque el pensamiento divergente ayuda al niño a explorar alternativas distintas, buscando diferentes posibilidades, frente a una situación y/o pregunta. Este tipo de pensamiento satisface los criterios de originalidad, inventiva y flexibilidad. En este sentido, es preciso utilizar una forma de pensar flexible y original. Por tanto, el pensamiento divergente se mueve en varias direcciones en busca de la mejor solución para resolver problemas.

Los niños que gozan de cierto pensamiento creativo suelen enfrentarse a los problemas con nuevas perspectivas y enfoques; tienden a utilizar juicios ilógicos o "marginales", buscando soluciones innovadoras. Es su intuición, su pensamiento original y su flexibilidad los que les hace ser diferentes. Suelen mirar las cosas de manera diferente, piensan de manera no convencional, suelen escuchar las ideas de los demás, compartir sus ideas y presentan una buena organización de las ideas y pensamientos (Bermejo, Hernández, Ferrando, Soto, Sainz & Prieto, 2010; DeHaan, 2011; Genovard, Prieto, Bermejo y Ferrándiz, 2005; Prieto, Ferrando, Bermejo, Ferrándiz y Sánchez, 2006; Sternberg, 1982; Sternberg y Lubart, 1995).

Estos dos tipos de pensamiento científico y creativo están estrechamente relacionados y su desarrollo y enseñanza, requiere tenerlo en cuenta. En definitiva, la utilización del pensamiento científico y creativo supone una reestructuración del pensamiento para analizar y evaluar las ideas poco convencionales.

Los estudios sobre el pensamiento científico se inician con Wertheimer (1945), quien desde la teoría de la Gestalt se dedicó a estudiar y descubrir cómo Einstein generó la teoría de la relatividad. Sus datos indican la capacidad de reestructuración que manifestó Einstein

intentando presentar su teoría. Otra de las investigaciones pioneras, fundamentadas en la psicología cognitiva, es la de Bruner y sus colaboradores (Bruner, Goodnow & Austin, 1956), quienes indican que una de las características del pensamiento científico es la capacidad para coleccionar datos (mediante la observación), formular hipótesis y probarlas. De sus estudios se derivan hallazgos tan interesantes como la gran cantidad de estrategias de memoria que se utilizan cuando se plantean las hipótesis que llevan a la solución de problemas los científicos. Otra tercera línea de investigación es la Wason (1968), quien se interesó por el estudio por estudiar si los individuos utilizan o no una estrategia para confirmar o rechazar su hipótesis. Sus datos indican que las estrategias que utilizan las personas expertas en resolver y confirmar sus hipótesis no son sólo propias de los científicos, sino que se da en la población en general.

Es hacia los 70 cuando se inicia una gran cantidad de estudios sobre el razonamiento científico. Por ejemplo, para Newell y Simon (1972) un problema es una situación en la que un individuo desea hacer algo para alcanzar una meta, pero desconoce la acción que deberá llevar a cabo para lograrla; en este sentido, los autores desarrollan un modelo complejo para explicar el proceso que sigue el pensamiento, que no es algo mágico, cuando intenta resolver un problema científico. Construyen una serie de programas para simular el proceso del descubrimiento científico articulándolo y comparándolo con los procesos computacionales que utilizan los científicos en sus descubrimientos. Los autores ofrecen una explicación de la solución humana de problemas basada en el supuesto de que la mente es una especie de paquete de software escrito en lenguaje simbólico de alto nivel. La idea de que las mentes, como 10 ordenadores, corresponden a sistemas que son, a un tiempo, físicos y simbólicos.

Es a partir de este momento cuando los estudios sobre el pensamiento científico proliferan y se diseñan investigaciones desde diferentes perspectivas. Los psicólogos evolutivos se han interesado en el pensamiento científico porque es un área fructífera para estudiar la formación de conceptos, el desarrollo del razonamiento y la solución de problemas y la trayectoria de las habilidades requeridas para coordinar un conjunto complejo de habilidades cognitivas y afectivas. Los educadores y los psicólogos de la educación han compartido este interés, pero con el objetivo adicional de determinar el mejor método para mejorar el aprendizaje y la instrucción en ciencias (Zimerman, 2007). Dice Dunbar (2001) que, a pesar del amplio interés en el estudio del pensamiento científico, éste ha sido referido como un derivado de la psicología cognitiva, la cual provee de teorías (sobre la analogía, la adquisición de conceptos, la solución de problemas y el desarrollo cognitivo), sin embargo, la investigación es escasa.

Cómo Se Desarrolla En Los Niños

Son interesantes los estudios sobre el pensamiento científico de Piaget e Inhelder (1958, ver Lehrer y Schauble, en prensa), orientados al estudio del desarrollo de las operaciones formales, que vienen a darse al principio de la adolescencia, las cuales capacitan a los alumnos los mecanismos para entender la lógica de la experimentación científica. Sin

embargo, estos planteamientos se han replicado y son, en cierta manera, polémicos por los resultados de algunas investigaciones y porque reduce el pensamiento científico a la adolescencia, cuando se han obtenidos resultados e informaciones sobre la existencia de ciertas habilidades de pensamiento científico en niños de Educación Infantil (Schluz y Sommerville, 2006; Schluz, Gopnil y Glymour, 2007; Prieto, Ferrando, Hernández y Sainz, 2011).

Por tanto, es durante la década de los 80 cuando los problemas acerca del razonamiento científico en niños de los primeros niveles instruccionales (Infantil y Primaria) se estudian desde nuevos puntos de vista fundamentalmente por las críticas que se hicieron al modelo piagetiano sobre el desarrollo y construcción del conocimiento.

Por ejemplo, Kuhm (2010 y sus colaboradores (1988, 1995, 2000, ver Lehrer y Schauble, *en prensa*) confirman que desde los primeros niveles instruccionales los niños manifiestan ciertas habilidades y estrategias propias del razonamiento científico incluso destrezas propias de la heurística; esto se observa cuando los niños tratan de resolver problemas sin la guía de los adultos. Estas estrategias les sirven para ir realizando pequeñas investigaciones e inferencias

Otra de las investigaciones que apoyan la existencia del pensamiento científico en los alumnos de los primeros niveles instruccionales es la realizada por Brenneman (2011), quien también afirma que incluso antes de la Educación Infantil el niño ya cuenta con un conjunto sofisticado de destrezas cognitivas que le permitirán en un futuro desenvolverse de un manera activa y autónoma tanto en contextos naturales como educativos formales. Este conjunto sofisticado de destrezas le permiten extraer inferencias simples a partir de sucesos simples, habilidades de planificación necesarias para la planificación y clasificación (habilidades propias del pensamiento científico). Por tanto, los datos aportados por diversas investigaciones confirman que el pensamiento científico forma parte del humano desde la infancia y que los niños ya poseen un conjunto sofisticado de conocimientos de ciencia que en general pueden encajar con las disciplinas de física, química, psicología, y biología; los niños comienzan a razonar de maneras diferentes que son fundamentales para el posterior pensamiento científico (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007, citado por Brenneman, 2011; Schluz, Gopnil y Glymour, 2007). Respecto a los trabajos referidos al pensamiento creativo hemos de destacar los siguientes: primero, el trabajo de Chung y Ro (2004), quienes proponen como resultado de sus estudios que la creatividad en el aula se desarrolla y se ve favorecida mediante el uso activo de los procesos del pensamiento científico a través de las actividades que exigen la toma de decisiones. Las tareas que utilizaron comprendían las siguientes habilidades: fluidez, flexibilidad y originalidad.

Segundo, Ivcevic y Mayer (2007) encontraron que el pensamiento científico y creativo supone el uso de los componentes de autorregulación tales como el desafío mental ante la solución de problemas científicos que implican desafío intelectual (motivación intrínseca), el deseo de asumir riesgos, la habilidad para genera múltiples ideas (pensamiento divergente). Este misma línea Sternberg y Lubart (1995) indican que la creatividad implica un cierto nivel

intelectual (redefinir los problemas científicos); conocimiento base sobre conceptos, principios y mecanismo utilizados en las actividades, apertura mental, disciplina, trabajar duro y persistencia para no abandonar la tarea o problema a resolver, aunque destaca que la persistencia no está relacionada significativamente con el rendimiento creativo en las tareas de laboratorio. Mientras que el riesgo intelectual está muy relacionado con la originalidad medida por los tests de creatividad (Bermejo, Hernández, Ferrando, Soto, Sainz & Prieto, 2010; Friedman y Foerster, 2001).

Cómo Se Mide el Pensamiento Científico

Han sido varios los intentos por medir las capacidades del pensamiento científico. Las pruebas clásicas basadas en los experimentos realizados por Piaget se centran en la evaluación de las habilidades implicadas en la experimentación. De entre ellas, cabe destacar las siguientes:

Siegler y Liebert (1975) desarrollaron una prueba independiente del conocimiento específico del dominio. Se trataba de resolver el siguiente problema: Cómo hacer que un tren eléctrico que funciona con una combinación particular de encendido/apagado de cuatro interruptores se mueva. El tren está controlado por un interruptor secreto manejado por el investigador, de forma que el descubrimiento de la solución correcta podía ser postpuesto hasta que las 16 combinaciones fueron generadas.

Kuhm y Phelps (1982), basándose en los trabajos de Inhelder y Piaget (1958) presentaron una tarea en la que un frasco lleno de líquido incoloro. El investigador demuestra que añadiendo unas gotas de un quinto líquido uno de los líquidos incoloros presentados (una combinación específica de fluidos) cambia de color. En las semanas siguientes los alumnos deben determinar que líquido o combinación de líquidos puede producir ese mismo efecto. En esta tarea no se utilizó el conocimiento específico en fluidos (color, olor...) para identificar una hipótesis probable, de forma que el éxito en la tarea dependía de la habilidad para aislar y controlar variables para determinar que fluido incoloro era el causante del resultado.

Tschirgi (1980) se interesó en estudiar el diseño experimental y la comprobación de hipótesis, utilizando para ello situaciones en las que tres variables estaban implicadas en la producción de un buen o mal resultado. Por ejemplo, como hacer una buena tarta, se les pregunta a los alumnos que variables cambiar y/o modificar y cuales mantener constantes (sin modificar) para producir un resultado concreto. En el ejemplo de la tarta, las variables que pueden ser modificadas son: el tipo de aceite utilizado (margarina o mantequilla), el tipo de endulzante (azúcar o miel) y el tipo de harina (blanca o integral). A los participantes se les explica que el personaje de la situación utiliza margarina, miel y harina integral y cree que la miel es la responsable del (buen/mal) sabor de la tarta. Se les pregunta a los alumnos como puede el personaje de la historia probar tres opciones: a) hornear otra tarta usando el mismo endulzante, pero cambiando el aceite utilizado y la harina (este es la estrategia HOAT –*Hold One Thing At a Time*); b) usar un endulzante diferente, pero mantener el aceite y la harina (esta

es la estrategia VOTAT –*Vary One Thing At a Time*, que es la única estrategia que funciona en un experimento libre); o c) cambiar todos los ingredientes (estrategia CA –*Change All*). Se pidió a los participantes que escogieran la mejor respuesta e las tres opciones.

Zimmerman y Glaser (2001) para investigar la importancia de cómo se formulan las hipótesis (en positivo o en negativo) pidieron a los alumnos que elaboraran distintos diseños para probar determinadas hipótesis.

A pesar de la demanda de instrumentos para evaluar el razonamiento complejo en ciencias, pocos instrumentos existen que provean de un enfoque sistemático a la evaluación. Muchos de los test internacionales (como PISA) enfatizan las definiciones de los conceptos científicos y/o el conocimiento de hechos mas que medir las habilidades implicadas en el razonamiento complejo.

Uno de los pocos test comercializados que miden el razonamiento científico es el “*Scientific Reasoning Test (SR)*”. Se trata de un test computarizado de opción múltiple diseñado para evaluar las habilidades de razonamiento científico de los alumnos que han cumplimentado su educación. El test se recomienda para su utilización en programas de evaluación general, Esta pensado para medir el aprendizaje del razonamiento científico en estudiantes universitarios de primeros grados. Los ítems están diseñados libres de contenido, por lo que este test debería ser adecuado para cualquier currículo de ciencias. El SR mide los siguientes objetivos de aprendizaje: a) descripción de los métodos de INQUIRY que conducen a una verdad matemática y al conocimiento científico y posibilitan distinguir la ciencia de la pseudociencia; b) el uso de teorías y modelos como principios unificadores para ayudar a entender los fenómenos naturales y hacer predicciones; c) reconocer las interdependencias de la investigación aplicada, la investigación básica y la tecnología y como estas afectan a la sociedad; d) Ilustrar la interdependencia entre desarrollos en ciencia y las cuestiones éticas y sociales; e) Formular hipótesis, identificar variables relevantes y diseñar experimentos para comprobar hipótesis; f) Evaluar la credibilidad, uso y mal-uso de la información científica y matemática en los desarrollos científicos y las cuestiones publicas.

Blair y Goodson (1939) utilizan un test Noll de autoinforme que incluye seis habilidades de pensamiento científico: 1) honestidad intelectual, 2) hábito de buscar las verdaderas relaciones de causa-efecto, 3) habilidad para suspender juicios (valoraciones), 4) habilidad de mentalidad abierta, 5) habilidad crítica y habilidad de precisión. El test esta compuesto por 112 ítems, que son afirmaciones a los que el alumno responde según el grado de acuerdo. Algunos ejemplos de afirmaciones son: “trabajar más de lo necesario que para pasar, no tiene utilidad”; “una frente despejada es signo de inteligencia”; “nuestro próximo presidente será de izquierdas”; “cualquier nación que persiga a los judíos como hizo Alemania debe ser totalmente incivilizado”. “si un profesor dice o afirma algo, será verdad”.

Recientemente, otras pruebas están tratando de medir globalmente las habilidades del pensamiento científico-creativo ha surgido un intereses en las facultades de ciencias por evaluar las habilidades científicas que los alumnos deben adquirir como competencias al final de su formación. De ellas, las más interesantes podrían ser:

Brown (2005) diseña una prueba que intenta medir los cómo los estudiantes entienden la ciencia. El instrumento se llama *The Multidimensional Measure of Conceptual Complexity*. Consta de nueve preguntas en las que se les pide a los alumnos que expliquen por qué ocurre un fenómeno químico particular. El test mide tanto “los conceptos de profundidad” (*Depth construct*) que se refieren a la relación entre las causas y efectos del fenómeno), como “la amplitud de los conceptos” (*breadth construct*) que se refiere a la ampliación de los rangos de aplicabilidad.

White et al (2011) han presentado recientemente una escala para medir el científico de alumnos universitarios. Se trata de una serie de preguntas abiertas en la que los alumnos deben sintetizar una serie de datos en una única conclusión, proponer estudios que incrementen la confianza en esa conclusión y preguntarse si sería posible obtener otra conclusión diferente. Las respuestas se valoran en una escala de 0 a 4 según la habilidad para lidiar con la complejidad y conflictividad de los datos.

La propuesta de Songer y Wenk (2003), que se encuadra el programa BioKids para el aprendizaje de las ciencias y las habilidades de razonamiento científico en **Educación Primaria**. Proponen pruebas de papel y lápiz de opción múltiple que tienen dos variables de clasificación: a) según la especificidad del conocimiento que requieren y b) según la complejidad de la profundidad de la comprensión de los contenidos (*depth understanding of the content*).

Cómo Se Enseña Como Se Enseña El Pensamiento Científico

Respecto a la enseñanza del pensamiento científico hay que destacar que tradicionalmente el énfasis del proceso de la enseñanza-aprendizaje se ha puesto en la transmisión del conocimiento, esperando que la enseñanza rigurosa de los contenidos de aprendizaje ayudara a fomentar las habilidades propias del pensamiento científico. Sin embargo, no ha dado los resultados esperados. En este sentido, planteamientos recientes se centran en intentar fomentar de manera explícita las habilidades del pensamiento científico, siendo así que en los últimos años hayan aparecido nuevos materiales y programas destinados a la enseñanza de dicho pensamiento (Bao et al., 2009).

Estos programas, según Klahr, Zimmerman y Jirout (2011) pueden clasificarse según el tipo de conocimiento (generales o específicos de dominio); y los procesos intelectuales que tratan de fomentar. Algunos de los programas que se están llevando a cabo en las escuelas son:

Un ejemplo de este tipo de programas sería el propuesto por Collings (1994), tomando como referencia la serie de habilidades que deben acompañar al pensamiento formal, diseñan un programa orientado precisamente a mejorar dichas habilidades, el que consiste en una serie de actividades de lápiz y papel, con un formato similar a los test de inteligencia, orientadas a mejorar los procesos cognitivos implicados en el razonamiento científico, tales como:

desvincular una parte del todo; reorganizar la información; observar de forma sistemática, comparación, ignorar el material irrelevante, y percibir el todo, el conjunto.

En esta misma línea del entrenamiento de las habilidades cognitivas iría la propuesta de White y Frederiksen (1998, citado por Dejonckheere et al, 2010). Estos autores, proponen la enseñanza de las habilidades científicas a través de lo que llaman *el círculo de preguntas (Inquiry circle)*. Dicho círculo consiste en cinco pasos que deben seguirse en el procedimiento heurístico (el cuestionamiento, la predicción, la experimentación, la copia y la aplicación). A través de estos pasos se pretende mostrar a los alumnos como se genera nuevo conocimiento.

Más recientemente, el enfoque de Raiser y sus colegas (Reiser et al. 2001) se encaja también en enseñar a los alumnos a desarrollar hipótesis trabajando en pequeño grupo, codificar las hipótesis y buscar bases de datos para comprobarlas. Entre los programas que últimamente están en auge en Estados Unidos podemos citar el curso de física *Investigative Science Learning Environment* (Etkina & Van Heuvelen, 2007)) que ha sido desarrollado para fomentar las habilidades del pensamiento científico en los alumnos a través de la observación y el trabajo de campo junto a científicos de distintas áreas. Mediante los procesos de observación y colaboración, el alumno desarrolla la observación, la búsqueda de patrones, la construcción de explicaciones para los patrones encontrados y su comprobación y el uso de distintas formas de representar las explicaciones sobre un fenómeno dado. Así mismo el programa BioKids, (Songer, Kelcey, & Gotwals, 2009), elaborado desde el Center for Essential Science (CES), está dirigido a alumnos de últimos grados de primaria y trabaja el desarrollo de unidades curriculares asociadas a promover la comprensión sobre hechos científicos. Se basa en la exploración de la biodiversidad local donde los estudiantes viven. En nuestro país, **destaca el proyecto educativo LAMAP (Leer, Aprender, Manipular, Actuar y Participar)** que está siendo llevado a cabo por PAU Education. Este proyecto se basa en la metodología de *La main à la pâte*, una iniciativa nacida en Francia, que consiste en renovar la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria favoreciendo las relaciones entre el niño, los fenómenos de la naturaleza y los objetos técnicos, que recuerda a las escuelas del movimiento progresista.

En Irlanda, destaca el programa Discovery Primary Science que tiene por objetivo promover una actitud positiva hacia las carreras de ciencias. Para ello trata de desarrollar la creatividad en los niños y mostrarles la importancia de la ciencia en la vida cotidiana y lo divertida que puede ser.

En Canadá se está desarrollando el programa Explora Conicyt, que se dirige a mejorar las competencias en ciencias desde la educación no-formal,

El programa FOSS, que se inserta dentro de un currículum de ciencias basado en la investigación continua y que está destinado a distintos niveles de primaria y secundaria, fue desarrollado por el Lawrence Hall of Science.

Finalmente, hemos de destacar que nuestro programa estará orientado a favorecer el desarrollo y manejo de los recursos cognitivos y afectivos del pensamiento científico y creativo en alumnos de Educación Primaria. En este sentido, el programa recogerá las habilidades y mecanismos propios de este tipo de pensamiento, recogidos anteriormente según

las investigaciones analizadas (Songer y Wenk (2003): Asimismo, estará orientado a formar pequeños científicos y se fundamentará en el aprendizaje significativo-constructivo por descubrimiento, consistente en favorecer la participación activa del alumno, la interacción de éste con su profesor y sus iguales. Para fomentar en los niños su estilo legislativo, independiente y creativo, necesitan, al menos, dos cosas: una, un profesor mediador que favorezca el aprendizaje significativo y por descubrimiento; la otra, desarrollar habilidades referidas a la investigación, al método científico, al debate y al estilo de presentación de cualquier trabajo.

Bibliografía

- Abdullah, M. & Osman, K. (2010). Scientific Inventive Thinking Skills among Primary Students in Brunei. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 7(C) (2010) 294–301
- Bao, L.; Cai, T.; Koenig, K.; Fang, K. ; Han, J. ; Wang, J.; Liu, Q.; Ding, L.; Cui, L.; Luo, Y.; Wang, Y.; Li, L.; & Wu, N. (2009). PHYSICS: Learning and Scientific Reasoning *Science*, 323 (5914), 586-587 DOI: 10.1126/science.1167740
- Bermejo, R.; Hernández, D.; Ferrando, M.; Soto, G; Sáinz, M, and & Prieto, Mª Dolores (2010). Creatividad, inteligencia sintética y alta habilidad. **REIFOP**, 13 (1). (Enlace web:
- Blair, G.M. & Goodson, M. R. (1939) Development of Scientific Thinking through General Science *The School Review*, Vol. 47, No. 9 695-701
- Brown, N. J. S. (2005). The Multidimensional Measure of Conceptual Complexity. *BEAR Report Series, 2005-04-01. University of California, Berkeley.* (retrived from <http://bearcenter.berkeley.edu/publications/MMCC.pdf>)
- Collings, J. N.(1994) 'Some Fundamental Questions about Scientific Thinking', *Research in Science & Technological Education*, 12: 2, 161 – 173
- DeHaan, R. L. (2011)**Teaching Creative Science Thinking. SCIENCE EDUCATION.** 334 no. 6062 pp. 1499-1500
- Dejonckheere, P.; Van De Keere, K. & Nele Mestdagh, N (2010). Training the Scientific Thinking Circle in Pre- and Primary School Children *The Journal of Educational Research*, 103:1–16, 2010.
- DEJONCKHEERE, P.J.N. ; VAN DE KEERE, K. ; & MESTDAGH, N. (2010) Training the Scientific Thinking Circle in Pre- and Primary School Children. *The Journal of Educational Research*, 103:1-16,
- Donald, J. (2002). Learning to think: Disciplinary perspectives. San Francisco: Jossey-Bass Publishers
- Dunbar, K. (2001). What Scientific Thinking Reveals About the Nature of Cognition. In K. Crowley, C. D. Schunn, & T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 115 - 140). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Etkina, E.; & Van Heuvelen, A. (2007) Investigative Science Learning Environment - A Science Process Approach to Learning Physics In *Research Based Reform of University Physics*, E. F. Redish and P. Cooney, (Eds.) (2007)

Handbook of Childhood Cognitive Development (2nd ed. pp.:1-23). New York: Blackwell)

<http://www.aufop.com> - Consultada en fecha (1-1-2012)

Klahr, D., Zimmerman, C. & Jirout, J. (2011). **Educational Interventions to Advance Children's Scientific Thinking**. *Science* 19 (333) 6045; 971-975.

Kuhn, D. (2010) In U. Goswami (Ed.), What is Scientific Thinking and How Does it Develop?

Lehrer, R., & Schauble, L. (in press). Scientific thinking and science literacy. In W. Damon, R. Lerner, K. Anne Renninger, & I. E. Sigel, (Eds.), *Handbook of Child Psychology*, Sixth Edition, Volume Four: Child Psychology in Practice. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Lehrer, R., & Schauble, L. (in press). Scientific thinking and science literacy. In W. Damon, R. Lerner, K. Anne Renninger, & I. E. Sigel, (Eds.), *Handbook of Child Psychology*, Sixth Edition, Volume Four: Child Psychology in Practice. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Oxford, England: Prentice-Hall

Paul, R.; & Elder, L. (2003). *A miniature Guide for Students and faculty to Scientific Thinking. Base don critical thinking Concepts & principles*. On-line: The foundation for scientific thinking

Prieto, M.D.; Ferrando, M.; Hernández, D y Sainz, M. (2011a). Cómo formar pequeños científicos. Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.

Prieto, M.D.; Ferrando, M.; Hernández, D y Sainz, M. (2011b). Pensamiento científico en el contexto escolar. Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.

Schulz, L. E., Kushnir, T., & Gopnik, A. (2007). Learning from doing: Interventions and causal inference. In A. Gopnik & L. E. Schulz (Eds.), *Causal Learning; Psychology, Philosophy and Computation*. New York: Oxford University Press.

Schulz, L.E. & Sommerville, J. (2006). God does not play dice: Causal determinism and preschoolers' causal inferences. *Child Development*, 77(2), 427-442

Songer, N.B.; & Wenk, A. (2002) Measuring the Development of Complex Reasoning in Science Paper presented at the American Educational Research Association (AERA) Annual Meeting, Chicago, IL. Session 69.027 April 25, 2003 retrived from <http://www.biokids.umich.edu/papers/songerwenkaera03.pdf>

Songer, Nancy B., Ben Kelcey, and Amelia Wenk Gotwals. (2009) How and When Does Complex Reasoning Occur? Empirically Driven Development of a Learning Progression Focused on Complex Reasoning about Biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching* 46(6) p.610-633

Sternberg, R.B. (1982). Teaching scientific thinking to gifted children. *Roeper Review*, 4, 4- 6

Weiping, H. & Philip, A. (2002) 'A scientific creativity test for secondary school students', *International Journal of Science Education*, 24: 4, 389 — 403

Wertheimer, M. (1945). *Productive Thinking*. New York: NY Harper.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and instruction*, 16(1), 3-118.

White, B.; Stains, M.; Escriu-Sune, M.; Medaglia, E.; Rostamjad, L.; Chinn, C.; & Sevian, H. (2011). A Novel Instrument for Assessing Students' Critical Thinking Abilities. *Journal of College Science Teaching*, Vol. 40, No. 5, 2011

Zimmerman, C. (2005). The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning. Final Draft of a Report to the National Research Council Committee on Science Learning Kindergarten through Eighth Grade August 2005

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific reasoning skills: What psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. *Developmental Review*, 27, 172–223.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school, *Developmental Review*, Volume 27, Issue 2, June 2007, Pages 172-223, ISSN 0273-2297, 10.1016/j.dr.2006.12.001. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273229706000797>)

i Lehrer, R., & Schauble, L. (in press). Scientific thinking and science literacy. In W. Damon, R. Lerner, K. Anne Renninger, & I. E. Sigel, (Eds.), *Handbook of Child Psychology, Sixth Edition, Volume Four: Child Psychology in Practice*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.