

**PROPUESTA METODOLÓGICA Y DE CONTENIDOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN LAS PRIMERAS ETAPAS DE LA EDUCACIÓN**

**Proposed methodology and content for experimental science education in the early stages of education**

*Santiago Atrio Cerezo<sup>1</sup>*

**Fecha de recepción: 06 de marzo de 2012**

**Fecha de aceptación: 18 de julio de 2012**

**RESUMEN:**

La Ciencia está poco valorada socialmente y el tiempo de dedicación a su estudio en las escuelas no deja de decrecer. Con esta situación, el presente trabajo presenta una propuesta de contenidos para la formación de los futuros docentes de Ciencias Experimentales en las Facultades de Educación.

Desde un meticuloso estudio del estado de la cuestión, se adentra en la exposición de los contenidos que propone sean impartidos al futuro profesorado de Educación Primaria en sus escasos créditos formativos universitarios.

A continuación se realiza una reflexión sobre la propuesta metodológica, que se centra en la reutilización del método científico, la evaluación y calificación en esta disciplina.

El artículo es una toma de postura personal sobre la actual situación de la enseñanza científica de los futuros docentes, presentando un esquema global de su forma de entender los procesos de enseñanza aprendizaje de las Ciencias Experimentales. Constituye un resumen del punto de vista personal del autor sobre la enseñanza de las Ciencias Experimentales en los centros de formación del profesorado, esbozando, cada uno de los epígrafes, futuros desarrollos.

**Palabras clave:** Ciencia Experimental, Emoción, Vocación, Cambio Unidades, Sistema Métrico Decimal, Historia de la Ciencia, Didáctica Específica.

**ABSTRACT:**

Science is socially undervalued and the time devoted to its study in schools continues to decrease. With this background, this paper presents a proposal of content for the training of future teachers of Experimental Sciences in Colleges of Education.

From a careful study of the state of affairs, the exhibition delves into the content it offers are given to the future primary school teachers in their university training credits scarce.

The following is a reflection on the methodology, which focuses on the reuse of the scientific method, the evaluation and qualification in this discipline.

The article is taking a stance on the current staff of science education of future teachers, presenting a scheme of his understanding of the teaching and learning processes of Experimental Sciences. It is a summary of the personal view of the author on the teaching of experimental sciences in teacher training centers, outlining each of the headings, future developments.

**Key words:** Experimental Science, Emotion, Vocation, Exchange Units, Metric System, History of Science, Teaching Specific.

---

<sup>1</sup> Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y de Educación, Universidad Autónoma de Madrid. [santiago.atrío@uam.es](mailto:santiago.atrío@uam.es)

## **1 Introducción.**

La Didáctica de las Ciencias Experimentales es una disciplina joven y compleja. Por un lado, sobre Ciencia son más las cosas que desconocemos que las certezas que tenemos sobre la misma. Por otro, la sociedad ha admitido una serie de estándares de la figura del científico, con las que ninguno de los que conozco se siente identificado. Seres caprichosos, maniáticos, raros, pobres e incomprensidos por una sociedad que necesitandoles, no entiende su trabajo. Parece que las Ciencias siguen enfrentándose con las Letras separando dos mundos aparentemente contrapuestos y, por pocos, considerados complementarios. Una sociedad que piensa que las Ciencias van ligadas a las Matemáticas antes que a las ideas, aun cuando no nos cansemos de recordar las ideas que nos inspiró Einstein al respecto. Las nociones científicas no son complejas, lo complejo es la matematización de las mismas. Y para terminar de liar la madeja, cualquier ciudadano tiene sus ideas propias sobre alimentación, fuentes de energía, contaminación, uso de recursos naturales,... , generadas por la ingente cantidad de información que generan los diversos medios de comunicación sin contrastación alguna.

*"La Física se está volviendo tan increíblemente compleja que cada vez lleva más tiempo preparar a un físico. De hecho lleva tanto tiempo preparar a un físico para que llegue al punto en que entienda la naturaleza de los problemas físicos, que cuando llega ya es demasiado viejo para resolverlos". Eugene Wigner. Físico húngaro-estadounidense.*

En la Didáctica de las Ciencias en las primeras etapas de la educación, nos ocurre algo similar a lo que describe Wigner. Todos compartimos la necesidad de mayores conocimientos para abordar los problemas que encierra. Mayor destreza pedagógica, mejor aptitud docente, más capacidad de formación continua, incremento de horas, de créditos, de recursos, de valoración social, etc. Hemos centrado la atención de la didáctica en la crítica a las editoriales por sus textos, a Internet por su desinformación, a los currícula, a los medios de comunicación social o a otros temas para, en definitiva, justificar que finalmente el docente en su clase se proteja en modos de hacer pasados que, sabiendo que pueden ser mejorados, son admitidos socialmente.

---

<sup>2</sup> En la comparecencia ante la Comisión de Educación del Senado español, del Catedrático de Enseñanza Secundaria de Matemáticas y Licenciado en Ciencias Físicas Ferrán Ruiz Tarragó, el 28 de octubre de 2009 (713/000415), exponía detalladamente estos puntos de vista que comparto.

El problema de las Ciencias Experimentales y de la Educación en general es muy importante de analizar. Los actuales sistemas educativos precisan atender a una población que deberá enfrentarse a los graves problemas medioambientales que les vamos a dejar en herencia a las generaciones futuras y que no hemos sabido resolver (Atrio Cerezo, 2010). Precisamos mentes creativas que mediante la reformulación de los problemas consigan acercarse a postular nuevas soluciones y eso no creo que se consiga replicando modelos metodológicos en los que la nemotecnia y la precisión de los resultados numéricos sean la base de la calificación académica y ésta última la forma de clasificarnos según nuestras supuestas capacidades intelectuales (Atrio Cerezo, Alfabetización científica del siglo XXI: constructores del conocimiento ¿Destrucción de la Creatividad?, 2004).

Puede que la actual crisis ética que estamos viviendo nos sitúe en otros puntos de vista pero creo que todos compartiremos que además de tener sobresalientes juristas, políticos, banqueros, docentes,..., nuestra sociedad precisa que esas personas sean honrados y parece que sobre esta clasificación no hemos comenzado a trabajar. Necesitamos el mejor juez del mundo, el que mejores capacidades tenga para juzgar mi obrar, pero antes de exigirle el conocimiento de toda su Ciencia debería asegurarme la sociedad, que con su juicio no me condenará de por vida a algo injusto. Es su aptitud, eso que denominamos bondad o vocación, la que debería asegurarse con anterioridad a la adquisición de los conocimientos precisos para gestionar un juicio. Y la propia sociedad debería poder castigar a aquellos responsables públicos que no hagan correcto uso de los poderes que tienen. Pues bien, los maestros no somos en nada distintos a estos servidores públicos, y la misma responsabilidad que a ellos les pedimos, nos la deberíamos exigir a nosotros mismos.

Somos jueces de las ilusiones del alumnado que tenemos la suerte de atender, y si alguno de nosotros ha perdido la ilusión por estar en su compañía, por ayudarlos, acompañarlos, guiarlos,..., algo malo estamos contribuyendo a perpetuar.

El presente trabajo es tan sólo un esquema de las ideas que tengo sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales, no busca ser un desarrollo finalista, sino un conjunto de opiniones que deberán detallarse en sucesivos escritos. No pretendo hablar de los contenidos curriculares que las diferentes legislaciones nos presentan sobre estas etapas, ni proponer modelos alternativos enfrentados a los propuestos por los libros de texto escolares. Intento exponer mi punto de vista sobre los contenidos que debería abordar los futuros docentes de

esas etapas educativas en las Facultades de Educación y, sobre todo, hacer una propuesta metodológica sobre cómo llevar la Ciencia al aula de Educación Infantil y Primaria. El Conocimiento del Medio es una de las asignaturas que más interés despiertan en el alumnado, no hagamos que una baja valoración por parte de su profesorado haga que el alumnado del siglo XXI termine aborreciéndolas.

## **2 Estado de la cuestión: La Formación Científica en España.**

Vivimos en una sociedad en la que cualquier persona se siente suficientemente formada para hablar con supuesta propiedad de cuestiones científicas. Nuestra sociedad no ha determinado que la Ciencia sea una enseñanza prioritaria. Es habitual observarlo en las tertulias de cualquier medio de comunicación. Puede que la propia sociedad no se sienta alarmada ante esta situación, lo que relegaría el problema a un estadio todavía más arcaico y alarmante. Si admitimos que se acepta el problema y se pregunta sobre la solución del mismo, como tantas otras veces se recurre a presentar la solución en la etapa escolar. Es allí donde se debe resolver y es desde allí donde muchas voces reivindicamos mayor atención para esta cuestión. La etapa escolar es un buen territorio para abordarlo pero es el conjunto de la sociedad quien debe asumir el compromiso de atender una correcta alfabetización científica, no permitiendo que cualquiera nos ilustre sobre temas científicos sin estar debidamente contrastados.

A este respecto conviene referenciar que han sido muchos los llamamientos que la comunidad científica ha hecho al poder político, alarmando sobre esta cuestión.<sup>3</sup> En el año 2002 el Senado español resolvió una Comisión de Educación, Cultura y Deporte para analizar la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria en nuestro país. El 14 de marzo de ese mismo año, comparecieron como ponentes de dicha Comisión el Catedrático de Didáctica de las Matemáticas de la Universidad de Sevilla, D. Salvador Llinares Ciscar, el miembro de la Real Sociedad Española de Química y de la Real Sociedad Española de Física, D. Enrique Ramos Jara y el profesor de investigación del Instituto de Matemáticas y Física Fundamental (IMAFF) de Madrid del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), D. José María López Sancho. (LÓPEZ SANCHO, 2003)

---

<sup>3</sup> LÓPEZ SANCHO, J.M. *La Alfabetización Científica, una revolución pendiente en la enseñanza*. Informe para la Comisión del Senado sobre la Enseñanza de las Ciencias y de las Matemáticas en España Presentado por J. M. López Sancho, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Real Sociedad Española de Física. En línea, url: <<http://museovirtual.csic.es/salas/conocimiento/senado/se1.htm>> Consulta septiembre 2012.

En la Comunicación de este último profesor y amigo se hacían estas recomendaciones.

#### “1ª Recomendación

La carrera de magisterio está demasiado recargada en materias referentes a cómo es el niño y sobre cómo enseñar al niño, descuidándose las materias científicas. Así, nos encontramos con maestros muy hábiles en técnicas de cómo enseñar pero sin saber qué enseñar... Por lo tanto, nuestra primera recomendación es de aumentar los contenidos científicos de la carrera.

#### 2ª Recomendación

Los maestros deben transformar el paradigma del niño de cuatro años, infantil y mágico, en un verdadero paradigma científico. Y para ello tienen que disponer de conocimientos, aunque no tan especializados como los de las licenciaturas, sí mucho más extensos e integrados en el resto de la cultura...

#### 3ª Recomendación

Los maestros deben tener un conocimiento profundo de los hitos importantes de la historia de Europa; no solo de una historia de tipo político que puede resultar, a primera vista, desintegradora, sino también de tipo cultural y científico...

#### 4ª Recomendación

Se debería implementar un esquema de reciclado permanente de profesores, en el que se contemplen contactos con los investigadores del CSIC y de las Universidades, así como una cierta presencia en actividades relacionadas con la investigación (asistencia a excavaciones, periodos de estancia en centros públicos, etc.), con el fin de mantener el interés de los maestros por la ciencia.

#### 5ª Recomendación

Uno de los pilares en los que se apoya la educación es el entorno social. Y sobre este entorno se debe actuar con el mismo o mayor esfuerzo que sobre el resto, de manera que tanto el profesor como el alumno perciban que su trabajo es valorado...

#### 6ª Recomendación

En la Europa Unida y en especial en España, el maestro se encuentra con un aula en la que los alumnos no presentan ni el mismo nivel ni la misma trayectoria vital. Tiene frente a sí una tarea de unificación cultural que requiere habilidad, tacto y conocimientos. Creemos que la ciencia con sus características de universalidad, válida y utilizada en todos los países y culturas, es el único camino para construir un paradigma unificador y fructífero.

#### 7ª Recomendación

... Creemos que, además de la importancia de sus contenidos, la enseñanza de la ciencia es un instrumento de valor inestimable para despertar la curiosidad y espíritu crítico, fomentar la creatividad y desarrollar destrezas y actitudes, actividades esenciales para desarrollarlo desde el punto de vista psíquico.”

Incluso se presentaba, de forma esquemática, la propuesta de una metodología concreta para enseñar ciencia en la escuela. Se basaba en presentar el proceso de construir conocimiento como similar al que se produce durante el descubrimiento histórico. “Cuatro son los pilares de la educación y los cuatro deben ser contemplados cuando se trata de enseñar ciencia: El que enseña, el que aprende, lo que se enseña y el medio social en que se está inmerso. Por ello incluimos en nuestro método estos cuatro ingredientes, personalizados en las figuras de los maestros, los alumnos, los contenidos científicos y el entorno familiar. De una manera concisa y autoexplicativa, el método se presenta en la figura siguiente y consiste en:

- 1.- Desarrollo de un proyecto de investigación apropiado a la edad de los niños; un ejemplo sería el estudio de las leyes de flotación.
- 2.- Presentación del proyecto a los padres, de forma que lo entiendan y se involucren en la labor educativa.
- 3.- Presentación del proyecto a los niños, en un acto que llamamos “asamblea”. En este acto se discute la propuesta y el profesor toma nota de las actitudes y preconceptos de cada alumno.
- 4.- A lo largo de un cuatrimestre y con una dedicación de al menos dos horas diarias, se desarrolla la labor experimental, tanto en el aula como en casa.

5.- A la vista de los resultados se construyen hipótesis, se discute si son científicas o no, se diseñan “experimentos cruciales” que las pongan a prueba, y se realizan en el aula.

6.- Se elaboran posters con los resultados individuales y se exponen en un acto al que asistan las familias.”

En definitiva, podemos ilustrar cómo la comunidad científica intenta llamar la atención sobre este problema de ausencia de alfabetización. Pero debe ser la sociedad la que asimile la importancia que este acercamiento a la cultura científica tiene. Por mucho que insistamos, hasta que no se logre esta asimilación social, todas las iniciativas serán estériles.

De todos modos y por concluir este punto, expongamos algunos de los argumentos para defender una correcta formación científica.

---

¿Por qué es precisa una correcta alfabetización científica?	El mundo actual está lleno de problemas en los que intervienen aspectos científicos y tecnológicos. Si la ciudadanía puede interpretarlos mejor podrá situarse ante ellos.
	Si creemos en una sociedad democrática, será la ciudadanía la encargada de tomar decisiones. Una correcta formación científica permitirá la toma de postura individual alejada del debate político y partidista. La libertad de elegir una u otra opción, parte de la independencia a la hora de buscar análisis de la realidad observada.
	La cultura no es un tema de Ciencias y/o Letras. Es inculto quien no conoce las obras de los clásicos y del mismo modo lo es quien no conoce una básica historia de la ciencia.

---

La realidad actual nos presenta que esta temática de contenido científico es abordada desde puntos de vista políticos o definidos por discursos políticamente correctos. Pongamos algunos ejemplos. Tabaquismo y problemas de obesidad, con su enorme coste económico y social. Calentamiento global. Aumento de gases efecto invernadero. Dietas saludables. Energías renovables, energías derivadas del carbón y energía nuclear.

Sobre todos estos temas todos tenemos una idea generada pero, ¿es científicamente sostenible? ¿Está basada nuestra opinión en un razonamiento inducido, políticamente correcto o incorrecto? Método científico, información, reflexión y generación de hipótesis, toma de datos, contrastación y resolución de conclusiones. Razón, no imposición, e insistencia en la necesidad de aprender a acoger de forma natural aquellos razonamientos que aún distintos o

complementarios a los personales, demuestren ser más certeros. Son estas ideas que se repiten en los estudios realizados al respecto y que a continuación expongo.

*“Me ha sorprendido siempre que los profesores de ciencias, en mayor medida, si cabe, más que los otros, no comprendan que no se comprenda... No han reflexionado sobre el hecho de que el adolescente llega a la clase de Física con conocimientos empíricos ya contruidos: se trata, pues, no de adquirir una cultura experimental, sino más bien de cambiar de cultura experimental, de derribar los obstáculos ya acumulados por la vida cotidiana”. Bachelard (1938): Increíble que sigamos así*

## **2.1 Estudios y trabajos en relación a la enseñanza de las Ciencias.**

Muchas son las evaluaciones, reflexiones, informes y estudios políticos y pedagógicos, que incluyendo el ámbito de referencia de la Unión Europea, se han hecho sobre el estado de la Ciencia en las diferentes etapas educativas. Todos estos trabajos, inciden en las ideas anteriormente apuntadas y a ellos me referiré en este trabajo de compilación de las sugerencias que en ellos aparecen. Ordenados cronológicamente serían los siguientes:

### **2.1.1 Año 1977**

#### **2.1.1.1 Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. Declaración de Tbilisi.<sup>4</sup>**

En Tbilisi del 14 al 26 de octubre de 1977 se desarrolló esta Conferencia, organizada por la UNESCO en cooperación con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En su declaración final aparecen entre otras la siguiente reflexión:

*“La educación ambiental debe impartirse a personas de todas las edades, a todos los niveles y en el marco de la educación formal y no formal. Los medios de comunicación social tiene la gran responsabilidad de poner sus enormes recursos al servicio de esa misión educativa. Los especialistas en cuestiones del medio ambiente, así como aquellos cuyas acciones y decisiones pueden repercutir de manera perceptible en el medio ambiente, han de recibir en el curso de su formación los conocimientos y aptitudes necesarios y adquirir plenamente el sentido de sus responsabilidades a ese respecto.”*

---

<sup>4</sup> Consulta en línea: url: < <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000327/032763sb.pdf>> Consulta septiembre 2012.

Resulta llamativo que el paso de los años no haya modificado esta situación pues ya en la Declaración de Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en 1972 en Estocolmo se exponía, que era un “objetivo urgente para la humanidad, la defensa y mejora del Medio Ambiente.”

Esta Declaración Final de la Conferencia de Tbilisi concluye advirtiendo:

*“La educación ambiental ha de orientarse hacia la comunidad. Debería interesar al individuo en un proceso activo para resolver los problemas en el contexto de realidades específicas y debería fomentar la iniciativa, el sentido de la responsabilidad y el empeño de edificar un mañana mejor. Por su propia naturaleza, la educación ambiental puede contribuir poderosamente a renovar el proceso educativo.”*

¿Lo ha hecho? Mucho me temo que no.

En los últimos veinte años se han visto reducida, de forma paulatina y constante, las horas dedicadas a la enseñanza de las Ciencias en, prácticamente, todas las etapas educativas.

Dicha reducción comienza, de forma preocupante, ya en las etapas de enseñanza obligatoria. Asignaturas como Física y Química, obligatoria en 2º de BUP, Ciencias Naturales, obligatoria en 3º de BUP, desaparecen como tal en la LOGSE y siguientes. El aumento hasta 16 años de la obligatoriedad en la Educación no sólo no tiene reflejo en la enseñanza de las Ciencias, sino que merma de forma clara su peso específico. Sistemas que forman alumnos que, desde los quince años, pueden evitar cualquier asignatura relacionada con el ámbito científico, y completar su formación hasta las etapas finales no obligatorias.

Siendo el Magisterio una carrera que debe reflejar una formación global, es verdaderamente un reflejo de este hecho. Asignaturas cada vez más mermadas en horas y recursos, áreas que tienen que compartir su razón de ser con otras de nueva aparición.

En esta sociedad ha desaparecido la necesidad de una alfabetización científica para completar la formación de la persona, no se contempla como necesaria, lo cual se traduce en menos horas, recursos, asignaturas.

Ha sido ese sentimiento ecologista, nacido con retraso en España, el único que ha podido forzar un cambio de sentido, mínimo, pero real. En Bachillerato, una nueva asignatura irrumpe hace 10 años, Ciencias de la Tierra y Medioambientales, asignatura con claro corte

ecologista, y que de forma sorprendente, pueden escoger los alumnos sin cursar materias básicas del bachillerato de Ciencias en 2º de Bachillerato.

Esta tendencia se ve reforzada hace pocos años con la aparición en 1º de Bachillerato de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, asignatura obligatoria en cualquier Bachillerato, que intenta remediar la falta de enseñanza científica.

En Educación Primaria, el escenario no es muy diferente y, de ese modo, los resultados obtenidos por los diferentes informes internacionales, sitúan a España en un estancamiento con tendencia al retroceso, alarmante.

## **2.1.2 Año 1997**

### **2.1.2.1 Informe (TIMSS)<sup>5</sup>**

El TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) es un estudio de la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA)<sup>6</sup>. Esta asociación se fundó en 1959 y ha dirigido, en los últimos 45 años, estudios sobre los resultados educativos en más de 60 países.

TIMSS 2011 es el 5º estudio que realiza la IEA sobre matemáticas y ciencias, con un mismo marco teórico. En él participan unos 60 países, incluida España. El primer estudio TIMSS se realizó en 1995, y desde 1999 se lleva a cabo en ciclos de cuatro años [En 1995 (45 países), 2003 (51 países), 2007 (67 países) y 2011]. La población evaluada la forman muestras representativas del alumnado de 4º y 8º grados (en España, 4º de primaria y 2º de ESO) de cada país participante. España ha decidido aplicar TIMSS 2011 sólo en 4º de educación primaria.<sup>7</sup>

España, como nación, participó en 1995 y, aunque algunas Comunidades Autónomas han participado por iniciativa propia, sólo lo ha vuelto a hacer como país en 2011. Los resultados del estudio de 1995 fueron los siguientes:

---

<sup>5</sup> Consulta en línea: url:< <http://www.educacion.gob.es/dctm/ievaluacion/internacional/inee-timss-2011.-marcos-de-la-evaluacion.pdf?documentId=0901e72b8127e807>> Consulta septiembre 2012.

<sup>6</sup> Página web de la IEA: url: < <http://www.iea.nl/>> Consulta septiembre 2012.

<sup>7</sup> Consulta en línea: url: <<http://www.educacion.gob.es/inee/estudios/timss0.html>> Consulta septiembre 2012.

<sup>8</sup> Consulta en línea: RESULTADOS DE MATEMÁTICAS Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias (TIMSS) José Antonio López Varona Mª Luisa Moreno Martínez. INCE. url: <

CIENCIAS: 8º grado: Media internacional: 516 puntos. España: 517

7º grado: Media internacional: 479 puntos. España: 477

Como puede observarse, los resultados españoles eran similares a los de la media internacional. Del estudio de 2011, todavía no han aparecido sus resultados para España.

Los conocimientos de ciencias que se evalúan son:

- Ciencias de la vida (seres vivos, ecosistemas, salud, etc.)
- Química (materia: tipos y propiedades, propiedades y usos del agua, cambios en materiales, ej. Oxidación, etc.)
- Física (estados físicos, tipos energía, calor y temperatura, luz, electricidad y magnetismo, fuerzas y movimiento)
- Ciencias de la Tierra (Rasgos de la Tierra, observaciones y movimientos de la Tierra, fósiles y antigüedad de la Tierra)
- Ciencias Medioambientales (Recursos naturales, cambios en el medioambiente, contaminación, representación e interpretación)

Dominios cognitivos:

- Conocimiento factual (Recordar, definir, describir, calcular, usar herramientas...)
- Comprensión de conceptos (ilustrar con ejemplos, clasificar, representar, aplicar información,...)
- Razonamiento y análisis (Analizar, resolver problemas; sintetizar, hipótesis, realizar observaciones y mediciones etc.)
- La investigación científica (Formular preguntas, diseñar observaciones, registrar datos, concepto de “prueba válida”, analizarlos y sacar conclusiones explicativas)

### **2.1.3 Año 2000**

#### **2.1.3.1 Informe PISA<sup>9</sup> (*Programme for International Student Assessment*)**

En el año 1997 la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) lanzó los estudios PISA que se implantaron en el año 2000. Su objetivo es el de medir el rendimiento educativo del alumnado de 15 años de sus países miembros, así como de algunos

---

<http://www.institutodeevaluacion.mec.es/dctm/evaluacion/internacional/timssmat.pdf?documentId=0901e72b80110725>> Consulta septiembre 2012.

<sup>9</sup> Consulta en línea: url: < <http://www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm>> Consulta septiembre 2012.

fuera de ella, en el área matemática, lingüística y científica. El estudio se repite cada tres años y en cada edición se hace hincapié en un área concreta. En el año 2000 se centro en la comprensión lectora, en 2003 en Matemáticas y en el referenciado 2006 fueron las Ciencias el centro del estudio.<sup>10</sup>

Desde PISA 2000 Finlandia se mantiene en los primeros 4 lugares en las tres áreas que se evalúan: lenguaje, Ciencias y matemáticas. Por este motivo se suele referenciar como un modelo a seguir, pese a que numerosos profesionales alerten sobre la objetividad de estas pruebas. Estos datos deberían interpretarse teniendo en consideración la población de cada país, así como a sus condiciones sociales, laborales y económicas. De este modo, el balance entre países con problemáticas tan diferentes puede hacer pensar erróneamente que las cosas se están haciendo mal, aun cuando no sea así.

Los resultados de Finlandia son especialmente homogéneos; con poca varianza, mientras que otros países están mejorando sustancialmente sus puntuaciones en esta década objeto de estudio. Paradójicamente Finlandia, aunque miembro de la IEA, no ha vuelto a participar en el anteriormente informe TIMSS desde 1999 (sólo en 8º grado), donde no destacó tanto como en PISA.

En “Ciencias” España está estancada en la posición 26, por debajo de la media de la OCDE. Pese a esto algunas de sus Comunidades Autónomas si han mejorado significativamente. En el 2006, la Rioja era la mejor en Matemáticas, Ciencias y Comprensión lectora. Tenía 526 puntos de media (la media de España era de 480 puntos). Estaría entre los 10 primeros países del informe PISA.

Castilla y León igualaban a la Rioja en Matemáticas y Ciencias pero no en comprensión lectora. Tenía 515 puntos de media (la media de España es de 480 puntos). Estaría entre los 15 primeros países del informe PISA.

De cualquier modo, y tal como apuntaba el doctor y maestro de maestros, Daniel Gil Pérez de la Universidad de Valencia, si los datos que exponemos se hicieran en escala decimal, la puntuación de España en Ciencias sería de un 4,88, frente a un 5,63 de Finlandia o un 5,01 de

---

<sup>10</sup> Consulta en línea del informe español PISA 2006 en Ciencias. Url: <  
<http://www.mec.es/multimedia/00005713.pdf>> Consulta septiembre 2012.

promedio en los países de la OCDE. En todos los casos un aprobado, para nuestro país aprobado raspado y en el caso de Finlandia aprobado del mismo modo, sin llegar al bien.

### **2.1.3.2 Competencia Científica en una Sociedad Alfabetizada.**

“Capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en hechos con el fin de comprender y de poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que ha producido en él la actividad humana” (OCDE, 2003)

El Parlamento Europeo y su Consejo, a finales de 2006, definió la competencia científica como una de las ocho competencias básicas para el aprendizaje.

Según estos niveles del informe y referidos a datos del 2009, los porcentajes en el primer nivel o por debajo del mismo son en el caso de España de un 18%, siendo la media de los países de la OCDE de un 19%. En ambos casos alarmantes.

En los niveles intermedios, 2, 3 y 4 el 78% de España contrastaba con el 74% de la OCDE. El

	Puntuación FINLANDIA 2006	Lugar FINLANDIA 2006	Puntuación ESPAÑA 2000	Puntuación ESPAÑA 2003	Puntuación ESPAÑA 2006	Media OCDE 2006
<b>Ciencias</b>	<b>563</b>	<b>1</b>	<b>491</b>	<b>487</b>	<b>488</b>	<b>491</b>
Comprensión Lectora	547	2	493	481	461	484
Matemática	548	2	476	485	480	484

elemento más destacable y, si cabe de mayor alarma, se daba en los niveles altos, 5 y 6 donde tan sólo el 4% del alumnado objeto de estudio estaba situado en el caso de España frente al 9% de media entre el alumnado de los países OCDE.

### **2.1.4 Año 2005**

#### **2.1.4.1 Acción CRECE. Comisión de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España (COSCE) Confederación de Sociedades Científicas de España.<sup>11</sup>**

Este importante informe propone una serie de acciones para responder a la situación concreta de la Ciencia en España. No centra su preocupación sólo en el ámbito escolar sino que se preocupa por la modificación de la percepción social de la Ciencia alertando sobre la posibilidad de que varíe el apoyo a los avances científicos por el escepticismo sobre los mismos e incluso la visión de la Ciencia como un fenómeno descontrolado de inciertos resultados positivos para la civilización.

<sup>11</sup> Consulta en línea de CRECE. Url: < <http://www.cosce.org/crece.htm> > Consulta septiembre 2012.

Sus áreas de estudio son: Estructuras e instrumentos de políticas educativas. Recursos humanos en la Investigación en España. Relaciones Ciencia y Empresa. La situación de España en Europa y Ciencia y Sociedad.

### **2.1.5 Año 2007**

#### **2.1.5.1 *Science Education Now: a Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Comisión Europea.*<sup>12</sup>**

Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walverg Henriksson, H.Y Hemmo, V

Podría considerarse el más representativo o uno de los más citados. Pese a todo, presenta aspectos muy controvertidos que no se suelen conocer.

Recopila estudios realizados en la primera década del siglo XXI en los que se presentan datos sobre el alarmante desinterés de los jóvenes por las Ciencias y las matemáticas. Pese al interés de las didácticas específicas por la motivación del alumnado, los resultados que se obtienen en las aulas son escasos y esta situación puede incidir negativamente en la base de los futuros científicos europeos. Esta preocupación de las autoridades europeas no está en el fondo de nuestro discurso pues es la salud mental del docente o del futuro docente, la que nos preocupa en primer lugar. No es una forma alegre de escribir, sino la convicción de que para que alguien transmita ilusión por algo, antes lo ha debido de percibir el mismo.

Michel Rocard (antiguo primer ministro francés y miembro del Parlamento Europeo) dirige un grupo de expertos que evalúa una muestra significativa de las acciones innovadoras que ya se están llevando a cabo y extrae de ellas las medidas que deben adoptarse para luchar contra la falta de interés entre los jóvenes por los estudios científicos. “Puesto que la merma en este interés se debe en gran medida a la manera como se enseña la Ciencia en las escuelas de Primaria y de secundaria, esa enseñanza se convierte en el principal objetivo del estudio.”

Estos expertos se presentaron ante una pregunta ¿Puede modificarse la situación actual, y pueden identificarse ejemplos concretos que señalen cómo emprender medidas eficaces? Se pusieron en contacto con los coordinadores de una serie de iniciativas reuniéndose con representantes de varios ministerios nacionales responsables de la investigación y las políticas

---

<sup>12</sup> Informe Rocard (2007). Url : <[http://www.oei.es/noticias/spip.php?article4045&debut\\_5ultimasOEI=170](http://www.oei.es/noticias/spip.php?article4045&debut_5ultimasOEI=170)> Consulta septiembre 2012

VV.AA. Informe Rocard. 2007, Unión Europea. En línea. url:<[http://www.oei.es/salactsi/Informe\\_Rocard.pdf](http://www.oei.es/salactsi/Informe_Rocard.pdf)> Versión en español: url:< <http://blog.educastur.es/bitacorafyq/files/2008/02/informe-rocard.pdf>> Consulta septiembre 2012.

educativas. Con todo, las acciones y sus recomendaciones datan de 2007 y todavía no se perciben soluciones que acrediten un diagnóstico correcto.

Las prácticas pedagógicas fundadas sobre métodos basados en la investigación aglutinan la base de sus recomendaciones. “Una reorientación de la pedagogía de la enseñanza de las Ciencias en las escuelas, introduciendo los métodos basados en la investigación, permitiría aumentar el interés de los estudiantes por las ciencias. Será necesario, pues, que el enfoque deductivo deje espacio a la enseñanza con los nuevos métodos, la cual, según estos expertos, ya ha demostrado su eficacia en los niveles de Primaria y secundaria, donde además de aumentar el interés y los niveles del alumnado, estimula también la motivación del profesorado. Este método es efectivo con todos los estudiantes, sea cual sea su rendimiento escolar y no está reñido con el afán de excelencia; además, contribuye a fomentar el interés y la participación femeninos en las actividades científicas. El método basado en la investigación no excluye el enfoque deductivo tradicional; al contrario, ambos métodos deben combinarse según el nivel o la edad de cada grupo. Asimismo, proporciona mayores oportunidades para la cooperación entre los actores de la Educación formal y no formal, y crea ocasiones para implicar a empresas, científicos, investigadores, ingenieros, universidades, ciudades, padres, etc.”

Es un informe, como exponía al comienzo, controvertido, pues enfatiza la enseñanza de las Ciencias basadas en la indagación según modelos de Estados Unidos de Norteamérica. Hay que hacer notar que la práctica científica del aula, así como las actividades guiadas, debe conjugarse con la enseñanza de conceptos y grandes ideas, como ya exponían Osborne y Dillon (OSBORNE & DILLON, 2008). Del mismo modo, en el caso español, el informe ENCIENDE nos alerta de la poca relevancia de las prácticas de campo y laboratorio, “recibiendo todos sus contenidos mediante la explicación teórica del profesor y evaluando sus conocimientos mediante la resolución de ejercicios numéricos.” (VVAA, COSCE Confederación de Sociedades Científicas de España, 2011) (p. 27)

En Europa existen en la actualidad dos iniciativas que promueven esta enseñanza práctica de la ciencia: “Pollen” y “SinusTransfer”. Los expertos afirman que estas iniciativas demuestran que los nuevos métodos de enseñanza son capaces de aumentar el interés del alumnado por la ciencia, pero los resultados no se materializan.

### **2.1.5.2 Informe Mckinsey**

No es un informe sobre la formación en Ciencias, pero referencia varios de los diversos estudios que hemos analizados, TIMSS, PISA,... Mckinsey es una empresa de consultoría privada y su estudio puede tener interés por su supuesta imparcialidad, frente a instituciones financiadas por organismos internacionales.

Ha estudiado los sistemas educativos de veinticinco países, siendo su conclusión que la mejora no depende tanto de las inversiones económicas sino de:

- 1 “La calidad de un sistema educativo tiene como techo la calidad de sus docentes”
- 2 “La única manera de mejorar los resultados es mejorando la instrucción”
- 3 “El alto desempeño requiere el éxito de todos los niños”

### **2.1.6 Año 2009**

#### **2.1.6.1 INFORME TALIS (*Teaching and Learning International Survey*) (2009)<sup>13</sup>**

Lo ha realizado la OCDE mediante encuestas a directores y profesores de secundaria en 200 centros de 23 países (unas 90.000 encuestas). La preocupación del informe se centra en las condiciones de trabajo de los docentes y la percepción de una buena práctica profesional. Sus conclusiones pueden resumirse dos puntos:

1. Los docentes precisan de un desarrollo de su carrera profesional, con reconocimiento social de las buenas prácticas académicas. En estas condiciones exige la evaluación y la comunicación pública de los resultados, entendiéndose no sólo una evaluación de contenidos curriculares sino de aspectos psicopedagógicos referidos a su quehacer profesional. El 42 % del profesorado considera que no hay suficientes oportunidades de desarrollo profesional y que la promoción está basada en periodos de vida profesional o créditos de formación sin considerar el trabajo realizado con los jóvenes en el aula y con los compañeros en los centros educativos.
2. El incremento de las tareas de gestión no contribuye a la mejora de la actividad académica. El 25% del profesorado dedica el 30 % del tiempo a mantener el orden y a tareas administrativas.

---

<sup>13</sup> Consulta en línea del Informe TALIS en español. Url: <  
[http://www.edu.xunta.es/web/system/files/protected/content\\_type/file/2011/03/17/talis\\_informe\\_espanol\\_v3\\_20090612\\_ie.pdf](http://www.edu.xunta.es/web/system/files/protected/content_type/file/2011/03/17/talis_informe_espanol_v3_20090612_ie.pdf)> Consulta septiembre 2012.

## **2.1.7 Año 2011**

### **2.1.7.1 Indicadores de la OCDE 2011<sup>14</sup>**

Aunque no sea un informe específico de ciencia, presenta datos que permiten comparar la situación española con la de otros países sobre diversos aspectos educativos. Esperanza de vida escolar, formación de la población adulta, población de 25 a 64 años que ha completado Educación Terciaria, mercado de trabajo y educación, beneficios económicos de la educación, incentivos para invertir en educación, horas de enseñanza, media de alumnos por clase, ratio alumnos-profesor, retribución del profesorado o edad del profesorado, entre otros.

Tanto los datos de permanencia en la escuela como los referidos al nivel de formación adulta en España en el 2009, eran similares. Diecisiete años pasamos en la escuela con unas sociedades en las que los estudios primarios, secundarios y terciarios se reparten en porcentajes similares.

Este estudio presenta cuadros comparativos cuantitativos en los que se presentan los resultados de los países de la OCDE. De todos ellos en la página 45 del informe, se presenta uno que atiende a la valoración cualitativa entre profesor alumno en el que se alerta que las relaciones alumno profesor están deteriorándose alarmantemente en España.

## **3 Propuesta de Contenidos Disciplinarios.**

Es escasa la dedicación temporal que los actuales planes de las Facultades de Formación del Profesorado dedican a la formación científica. En la Universidad Autónoma de Madrid una asignatura semestral en segundo curso con 6 créditos se dedica a formar disciplinariamente a los futuros docentes en las cuatro áreas que atendía tradicionalmente. Se trata de integrar en apenas 10 semanas los contenidos básicos de Biología, Geología, Física y Química, intentando hacer complementaria la formación conceptual con las necesarias prácticas de laboratorio. Es algo alarmante y que denuncio desde estas líneas. El futuro profesional docente de los novedosos programas de Grado de Magisterio de Primaria tiene que compartir durante un solo semestre los estudios de Ciencias con los de otras asignaturas y, en ese tiempo, intentar adquirir los contenidos necesarios para ejercer su labor profesional sin

---

<sup>14</sup> Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2011. MINISTERIO DE Educación SECRETARÍA DE ESTADO DE Educación Y FORMACIÓN PROFESIONAL. DIRECCIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN Y COOPERACIÓN TERRITORIAL. Instituto de Evaluación. Madrid 2011. On line.

Url:<<http://www.educacion.gob.es/dctm/ministerio/horizontales/prensa/documentos/2011/09/informe-espanol-panorama-de-la-educacion-2011.pdf?documentId=0901e72b80ebfbb1>> Consulta septiembre 2011.

incurrir en graves errores conceptuales que transmitir a su alumnado. Como pueden entender, por muy coordinados que puedan estar los profesores universitarios que pretenden abordar esta tarea, la docencia en estas condiciones resulta imposible de resolver satisfactoriamente.

No se trata tan sólo de una formación escasa, sino que lejos de servir para emocionar a un alumnado poco cercano al mundo científico, sirve para reafirmarlo en su postura acientífica. Y esa falta de emociones, de atención por la disciplina, es mucho más perjudicial que el mero desconocimiento de contenidos. Nadie debería conducir a otros por un camino que no le es cómodo, por una senda que no domina y que su tránsito pueda conducir a lugares peligrosos. En el caso de la educación, al sentimiento de rechazo hacia un área de conocimiento para la que se crea inútil. Y para contribuir a resolverlo se precisa por parte del alumnado de magisterio tiempo para asimilar la propuesta y permitir el tránsito de posturas alejadas a la ciencia a otras más próximas. Pretendemos emocionar y para eso precisamos tiempo.

En estas condiciones no se puede continuar y espero que futuros planes de estudios reconozcan la necesaria inmersión temporal en estas áreas en las que las didácticas específicas deben cobrar mayor presencia. Esto será posible si los créditos de formación asimilados actualmente por otras áreas de conocimiento son cedidos para atender estos contenidos y, como pueden entender, supone cambios que son difíciles de cotejar en una comunidad académica celosa de su responsabilidad curricular.

En el tercer curso existe otra asignatura, de nuevo semestral de 6 créditos, dedicada a la Didáctica de las Ciencias Experimentales. A esta me referiré más adelante en el apartado de propuesta de contenidos didácticos. Ahora me centro en la asignatura de segundo para proponer los contenidos que debería abordar la formación del futuro docente y, sobre todo, cómo trabajarlos. Describir una metodología abierta con la que poder ocuparse incentivando el interés por la cultura científica.



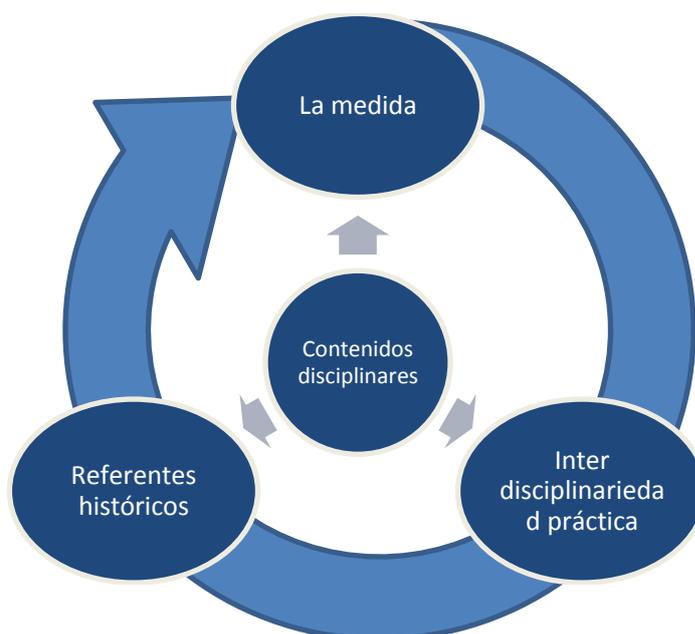
En el universo de la vida cotidiana donde nos desenvolvemos, la medida de las cosas es de las primeras manifestaciones científicas que abordamos. Medimos comparando y lo hacemos de forma natural con los que nos rodean, “soy más alto que mi hermano” o “tengo más años que mi primo”. Desde el punto de vista pedagógico, conviene recordar constantemente que medir es comparar y así expresiones del tipo, “soy el más alto” o “soy el más pequeño”, no tienen corrección ni gramatical ni científica. Si eres el más alto, lo serás de un grupo de personas o conjunto y así deberás decir, “soy más alto que...”. En el segundo de los casos hay que dejar claro que en una agrupación de individuos, habrá uno que será el mayor en edad, uno que será el menor y uno o dos que ocuparán la posición central o mediana. Por ese motivo la expresión que deberíamos utilizar sería “soy el pequeño de esa agrupación”.

Pero centrémonos en nuestra propuesta en la que la medida de las cosas la propongo como eje vertebrador de toda la intervención. Las Ciencias Experimentales se fundamentan en conceptos, muchos de los cuales deben ser medidos. No es posible expresar una cantidad de algo solamente con un número, precisamos añadirle la “unidad” con la que lo referimos. Precisamos indicar la medida patrón con la que estamos comparando el objeto de estudio. Así, aunque el tema de la medida se aborde en el área de conocimiento de matemáticas, para los científicos experimentales es fundamental y básica.

Es una parte esencial del concepto científico que debemos abordar. Su carácter numérico nos genera una relación inmediata con el lenguaje matemático y la precisamos para poder hacer Ciencia aunque seamos conscientes que las ideas científicas, como suscribía Einstein, no son complejas. Es la matematización de las mismas las que las hace complicadas.

Nuestro actual sistema educativo es percibido por el alumnado como compartimentado. Nos ocurre en Matemáticas donde la aritmética, la geometría, la probabilidad y la estadística, se entienden como materias independientes no interdependientes. Del mismo modo nos ocurre en Ciencias, donde parece que cada una de ellas es independiente del resto o así es percibido por el alumnado y la sociedad en general, Sociales y Experimentales, Arte, Geografía, Historia, Física, Química, Biología, Geología y Matemáticas. Es la primera de las preconcepciones erróneas de nuestro actual sistema educativo y puede que la que más daño causa a los estudiantes. Geología, Biología, Física y Química, poseen más elementos en común que particularidades específicas y no son las primeras etapas de la educación, el momento de ahondar en sus diferencias sino en aquello que las hace Ciencia Experimental. Una de estas características comunes es la práctica experimental en los laboratorios.

Por último nos olvidamos del origen concreto de los grandes avances científicos en los que apoyamos el conocimiento actual. Son apéndices históricos y nos olvidamos de analizar la situación social de su momento histórico y la situación científica en dicho momento. Sólo desde ese análisis podremos poner la medida a los avances que sus contribuciones hicieron a la historia de la ciencia.



“Centrándonos en la naturaleza del currículo y siguiendo con la comparativa europea, se podría decir que la mayoría de los currículos de Ciencias tanto de Primaria como de secundaria hacen referencia a una Ciencia en contexto, tanto en términos de historia de la Ciencia como cuestiones sociales del momento relacionadas con la ciencia. En el caso de España esta Ciencia en contexto se centra básicamente en el segundo de estos enfoques, es decir, en el trabajo en relación con temas contemporáneos y sociales en los que la Ciencia tiene un papel importante, mientras que el aspecto histórico de la Ciencia parece no tenerse en cuenta.”<sup>15</sup> (VVAA, COSCE Confederación de Sociedades Científicas de España, 2011) (p.27)

En resumen. La propuesta de un contenido curricular científico para las primeras etapas de la Educación debería utilizar como vertebrador de los mismos estos tres apoyos estables: la referencia a la medida, la interrelación de los contenidos y la referencia al proceso histórico de su construcción. Por ello, la disciplinariedad de los contenidos que reciban los futuros maestros de Infantil y primaria, debería estar guiada por los mismos principios.

### **3.1 La Didáctica de la Medida en Ciencias Experimentales.**

*La imaginación es más importante que el conocimiento. Albert Einstein*

La tecnología educativa es el tema prioritario de los debates pedagógicos actuales. Se olvida con facilidad que debería ser la metodología la que cambie y/o utilice la tecnología que disponemos en cada momento histórico. No debe, por lo tanto, ser la tecnología la que guíe los procesos pedagógicos, debe ser la didáctica específica la que investigue las mejores vías de acercarse al conocimiento utilizando los recursos que tenga a su alcance. En todo momento histórico hay que poner el foco pedagógico en la didáctica y no en la técnica. Calculadoras, ordenadores y enciclopedias virtuales frente al razonamiento metodológico.

Pero si hablamos de metodología, se asocia la didáctica específica de una Ciencia a la reiteración de los modos que nuestros maestros utilizaron en nuestra etapa de estudiantes.

---

<sup>15</sup> El informe ENCIENDE, ENseñanza de las Ciencias EN la Didáctica Escolar en edades tempranas realiza un análisis, reflexión y propuestas para un acercamiento de la Ciencia al mundo escolar que promueva en los niños el interés por la ciencia, el aprendizaje científico y una visión no estereotipada de la empresa científica y sus protagonistas.

Esto provoca que la metodología educativa avance a un ritmo completamente diferente a la tecnología educativa y esta última acaba siendo reclamada como fundamental para la adaptación educativa.

Repetir con éxito la forma de trabajar en el aula de nuestros maestros, no es siempre garantía de éxito. Generalmente buscamos las soluciones, “sus trucos”, que nos permitan llevar al aula una metodología concreta y exitosa para nuestra labor docente. Pensamos que las formas que con nosotros han funcionado en nuestro proceso formativo, funcionarán con otros y a modo de malos actores, nos empeñamos en repetir un texto que no es nuestro y una caracterización que hace que al auditorio nos catalogue como malos comediantes. Nos equivocamos, pues son los procesos que esos exitosos maestros nuestros vivieron, los que nos ofrecen mayor riqueza de pensamiento que la propia solución o “truco”.

La explicación del cambio de unidades de longitud en nuestro Sistema Métrico Decimal es un buen ejemplo para ilustrar una manera diferente de enfrentarse a una forma de hacer tradicional y todavía hoy en uso. Grandes mentes de nuestro mundo se han dedicado al tema de la medida y su aplicación académica es un gran tesoro que debemos valorar y trabajar desde la didáctica. Valga este ejemplo tan usado en clase como imagen y tan poco usado por su potencial pedagógico.

Todos intentamos recordar aquello que nos explicaban para cambiar de unidades. Había que hacer una escalera y si queríamos cambiar una unidad inferior por otra superior se multiplicaba o dividía el número inicial por el número diez elevado al mismo número de escalones que debíamos subir o bajar para alcanzar la unidad deseada. ¿Y era siempre así? Creemos recordar que no, en superficie era con cien en vez de diez y con volumen con mil. ¿Hemos entendido algo? Creo firmemente que no, nos inculcaron un método nemotécnico que intentamos recordar y nos ayudaron a olvidar el interesante razonamiento que encerraba. Nos preocupó cómo llegar a un resultado numérico correcto pero no el procedimiento para alcanzarlo, es decir, si entendíamos el procedimiento que utilizábamos para alcanzarlo.

Y la historia, encierra preciosos pasajes en relación con la medida de las cosas.

"... que 4 dedos hacen 1 palmo y 4 palmos un pie, 6 palmos hacen 1 codo, 4 codos hacen la altura de un hombre. Y 4 codos hacen 1 paso y 24 palmos hacen un hombre; y estas medidas son las que él usaba es sus edificios."<sup>16</sup>

*En el pensamiento científico siempre están presentes elementos de poesía. La Ciencia y la música actual exigen de un proceso de pensamiento homogéneo. EINSTEIN, Albert*

En las facultades de formación actuales, podemos incurrir en el peligro de atender en demasía la formación tecnológica, mecánica y olvidarnos que la creatividad, la innovación o la imaginación pedagógica son las tareas que definen el perfil investigador de un docente del siglo XXI.

### **3.1.1 Cambio de unidades. Jugando con apellidos.**

*La mayoría de las ideas fundamentales la Ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos. EINSTEIN, Albert*

Reitero que estoy refiriéndome a la formación del futuro docente en un ambiente universitario. La medida, sus unidades y sus cambios, deberían centrar el trabajo con este alumnado. Deben entender los conceptos científicos, desde la definición de las unidades con los que los expresamos. Para lograrlo, la coordinación con otras disciplinas de la didáctica específica es necesaria, en concreto con la didáctica de las matemáticas.

Hablar de esta palabra, parece evocarnos situaciones incómodas. Suele recordar por desgracia, a nuestro alumnado, experiencias poco gratas. No se trata de acercarnos al ámbito específico de disciplinas como el de la Biología Matemática. Su teoría y modelos matemáticos, han permitido interpretar la vida como el fenómeno cambiante que es. Han hecho sucumbir al microbiólogo frente al caos, han jugado al sudoku con la vida o han trabajado los vectores orientados en biomecánica, circuitos neuronales y sistemas de ecuaciones. (LAHOZ-BELTRA, 2011) Son propuestas interesantísimas que deberían hacerse valer dentro de la formación del futuro docente, pero que por desgracia, ni el tiempo ni los planes de estudio nos permiten abordar.

---

<sup>16</sup> Leonardo da Vinci traduciendo a Vitrubio. En Charlin y otros Textos completos de Leonardo da Vinci y Vitrubio [en línea]. Cambados, Pontevedra.  
<<http://centros.edu.xunta.es/iesramoncabanillas/cuadmat/hvtexcomp.htm>>

Refiriéndonos a las primeras etapas de la educación deberemos centrarnos en aspectos mucho más básicos. Tendremos que abordar, antes de acercarnos al cambio de unidades, aspectos esenciales. Sin que el alumnado se dé cuenta, estamos cambiando de unidades desde que usamos las decenas y las centenas, en nuestro trabajo escolar.

Puede que, el hecho de inscribir estos conocimientos dentro del área de matemáticas, haga que el alumno interprete estos conceptos exclusivos de una materia y no logre extrapolarlos a otras disciplinas. Creo que este hecho se produce y por eso es fundamental que la interrelación entre diferentes áreas sea efectiva en la realidad del aula y no sólo sobre el papel.

Muchos aspectos se trabajan desde la Didáctica de las Matemáticas: el conocimiento de los diferentes sistemas de numeración, la diferencia entre cifras y números, el trabajo con sistemas posicionales de base decimal y sexagesimal. En último lugar se han acercado a las unidades convencionales y no convencionales y finalmente, al Sistema Métrico Decimal en el que encontramos las unidades que queremos cambiar.

Ya de por sí la palabra “unidad” es enigmática para la mayoría del alumnado, pues al no ser identificable como algo físico sino como un conjunto de órdenes potenciales, su determinación entraña variados problemas de localización real. La abstracción es una compleja forma de hacer trabajar a nuestro cerebro.

Son ideas científicas fundamentales y sencillas a las que no damos gran importancia y que solemos soslayar para acabar enseñando que para cambiar unidades inferiores por otras superiores se divide entre 10, (100 o 1000), seguido de tantos ceros como saltos demos y para “descender” en esta escala de unidades, para ir de mayores a menores, se multiplica en vez de dividir. ¿Se han enterado de algo? Espero que no, pues esto es para mí incomprensible. Son una serie de recetas que nunca entendimos y que si nos piden ahora que apliquemos, después de pasar años, será difícil que las atendamos adecuadamente. Si nuestra tarea es enseñarlas, nos convertimos en instructores de métodos en vez de guías de conocimiento.

*Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo. EINSTEIN, Albert*

He hablado de mediciones porque todo el trabajo en Ciencias Experimentales y nuestro entorno están llenos de ellas, expongamos otros ejemplos. El ser humano actual cuenta con 36 piezas dentales, 3 molares, 2 premolares, 1 canino y 2 incisivos en cada una de nuestras cuatro

hemimandíbulas a diferencia de las 36 piezas presentes en el Homo antecesor de la sierra de Atapuerca de hace 800.000 años. Números acompañados de apellidos. Ambos han habitado en la era cuaternaria en el periodo geológico del pleistoceno inferior el segundo y superior el primero. El Homo sapiens con una masa cerebral entre 400 y 500 gramos, sensiblemente inferior al de la ballena azul, el mayor mamífero existente, que oscila alrededor de los 6.800 gramos.

El diccionario de Oxford nos define el método científico como “un método o procedimiento que ha caracterizado a la Ciencia natural desde el siglo XVII, que consiste en la observación sistemática, medición y experimentación, y la formulación, análisis y modificación de las hipótesis.” Para hablar de ciencia, por tanto, debemos hablar de medida y en Educación Primaria deberemos centrarnos en esta cuestión. De este modo, contribuiremos a la correcta formación del alumnado para abordar los retos de las etapas superiores, ESO y Bachillerato. Es generalizada la queja de los compañeros que atienden estas etapas superiores, sobre el nulo aprecio de los estudiantes a las unidades y su falta de competencia en el correcto uso de las mismas.

Y continuando con los ejemplos, este desconocimiento contribuye a hacer muy complejo el trabajo con grandes cifras, potencias de diez.

Si hablamos de tiempos anteriores a estas formas de vida, podemos estudiar nuestro planeta desde su formación hace unos 4.500 millones de años, m.a., 106 años. Un primer eón geológico sin registro geológico se denomina Hádico y se data entre los 4.500 y 3.800 m.a. Luego aparece una tierra oceánica llena de micro continentes que denominamos eón Arcaico y que nos llevará hasta hace 2.500 m.a. El eón Proterozoico o de los grandes continentes con una superficie similar a la actual transcurrirá entre esos 2.500 m.a. y los 542 m.a. en los que empieza el eón en el que nos encontramos, el de la vida manifestada o Fanerozoico. Eón es el nombre del Dios del tiempo eterno y de la prosperidad de la mitología fenicia que fue adoptado por el pueblo romano. Su nombre en griego (Aión) Αἰών, significa eternidad y de ese modo denominamos a cada una de las divisiones de la historia de la tierra desde el punto de vista Geológico y Paleontológico.

Y dentro del eón Fanerozoico podemos hablar de cuatro eras. La primera o Paleozoico del 450 a 250 m.a., dividida a su vez en los conocidos nemotécnicamente como cámbrico,

ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero y pérmico, agotándose esta era con la llegada de la primera gran extinción la pérmico triásica. La era secundaria o Mesozoico nos lleva del 250 a 65 m.a. y se subdivide en triásico, jurásico y cretácico. La era de los dinosaurios que finaliza con otra gran extinción, la K-T, la cretácico terciaria, da paso a la era terciaria o cenozoico, subdividida en dos periodos, el terciario y el cuaternario<sup>17</sup>. El primero de ellos se desarrolló desde hace 65 m.a. hasta hace 1,7 m.a., dividiéndose en paleoceno, eoceno, oligoceno, mioceno y plioceno. Y tras ellos se sitúa el pleistoceno, inferior de 1,6 – 0,7 m.a., medio 0,7 – 0,125 m.a. y superior de hace 125 mil años a 11.000 años.

Pasamos de 106 a 103 y a 10, de millones a miles y finalmente a años, en una escala temporal en la que tanto trabajaremos junto a otra disciplina específica como es la Didáctica de las Ciencias Sociales.

Sirva este breve párrafo para ejemplificar la importancia de las unidades y de su manipulación en el trabajo científico. Uno de los objetivos primordiales en las primeras etapas de la Educación debe ser el trabajo con estas dimensiones y su correcta utilización, ya sea en la escala temporal o en cualquier otra escala científica. Transitar desde las medidas antropométricas y no convencionales en infantil a las convencionales en primaria. Pero, ¿cómo posicionar estos conocimientos en la mente inmaculada de nuestro alumnado escolar? ¿Cómo hacer que un alumnado universitario poco atraído por la ciencia, se acerque a ella con mayor seguridad? El recurso de la historia de la Ciencia es el camino.

### **3.2 Historia de la Ciencia, algo más que un recurso pedagógico.**

*La imaginación es más importante que el conocimiento. EINSTEIN Albert*

“La historia de un arte o de una Ciencia es una introducción inherente a su estudio, ya que proporciona una óptica clara y concisa de la manera en que han tenido lugar las innovaciones, constituye una garantía contra los errores futuros gracias al testimonio de los errores de los grandes sabios del pasado, y rinde un homenaje de estima y reconocimiento a los que hicieron a la humanidad beneficiaria de sus descubrimientos.” (Collette, 1985)<sup>18</sup> Conocer la historia de la Ciencia y usarla como hilo conductor de nuestra docencia es el modo adecuado para

---

<sup>17</sup> Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2. Compuesta y compilada por P.G. Silva (USAL), C.Zazo (CSIC), T.Bardají (UAH), J.Baena (UAM), J.Lario (UNED), A.Rosas (CSIC) y J. van der Made (CSIC) Citar como: Silva, P.G.; Zazo, C.; Bardají, T.; Baena, J.; Lario, J., Rosas, A., van der Made, J. (2009). Tabla cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2. AEQUA, www.aequa.es

<sup>18</sup> Thomas Cooper citado por Jean-Paul Collete en su introducción a la obra historia de las matemáticas.

acercar a los alumnos a la Ciencia Experimental y no sólo el constructivismo basado en la experimentación propia. Los avances históricos se fundamentan al apoyarse en los descubrimientos que hicieron los que nos precedieron, confiriendo a nuestra exposición un hilo conductor además de una secuencia cultural real. (Atrio Cerezo, Historias de la Historia. ¿Tan sólo un recurso para la docencia de las matemáticas?, 2007)

Ya en el siglo XII, Juan de Salisbury (1115-1180) nos indicaba en su *Metalogicus*: “Bernardo de Chartres solía compararnos con enanos encaramados sobre hombros de gigantes. Señalaba que vemos más y más lejos que nuestros predecesores, no porque tengamos la vista más aguda o seamos más altos, sino porque nos alza y nos mantiene en alto su gigantesca estatura”. Esta idea que tanto se ha repetido en la historia ha sido usada por nombres tan ilustres como el de Newton y es la esencia de este apartado. Conocer la historia para poder valorar los avances de los que nos precedieron y, de este modo, poder acercarnos a los problemas que con tanta sabiduría consiguieron desentrañar.

Por este motivo, conocer la historia de la Ciencia que pretendemos transmitir es esencial para comprender los enormes esfuerzos que la humanidad ha hecho para alcanzar el estado actual de las cosas. Y de otro modo contribuye a transmitir la vivencia personal de un docente que transfiere a los alumnos una cultura heredada por muchas generaciones de personas que se han enfrentado al problema de la transmisión del conocimiento.

*La formulación de un problema, es más importante que su solución. EINSTEIN, Albert*

No trato en este trabajo de acercar la historia al aula como recurso pedagógico para hacer más amenas nuestras sesiones de trabajo ni para deslumbrar con elocuentes hechos históricos nuestro discurso pedagógico. Más bien pretendo hablar de cultura, de la relevancia de conocer el pasado que ha hecho posible nuestro presente y reivindicar nuestra área de conocimiento como “asignatura de letras”, cultural y no tan sólo técnica. Puede que el derribar la dicotomía ciencias-letras, fuese la pretensión íntima de estas líneas.

### **3.2.1 Propuesta de referentes históricos**

Observemos algunos nombres que podrían ejemplificar los contenidos a trabajar por los futuros docentes de las primeras etapas educativas en su formación de maestros. Esta propuesta no es universal pues cada facultad de formación del profesorado tendrá referentes

propios que le sean más cercanos, ya sea por su ubicación territorial o por la relación con espacios museísticos cercanos.

### **3.2.1.1 Física**

Relacionados con el ámbito de las Ciencias Físicas, el profesorado debería conocer el recorrido que llevó al hombre de las paradojas de Zenón a la obra del astrónomo, filósofo, matemático y físico florentino Galileo Galilei (1564-1642), descubridor de la ley del movimiento y exponente defensor de las ideas del universo copernicano.

Lógicamente son muchos los autores que deberían ser nombrados en esta larga historia pero es necesario que el futuro maestro se sitúe en la posición que tenían los antiguos griegos para abordar un problema cinemático como el de Aquiles y la tortuga. Esta paradoja es desentrañada con unas sencillas ecuaciones cinemáticas del movimiento rectilíneo y uniforme pero lo que resulta más importante es entender la aportación que para la Ciencia tuvo el sistema de referencia que aportó Galileo.

Galileo es considerado el padre de la Física moderna, de la astronomía moderna y de la ciencia, considerándose sus escritos complementarios a los de Francis Bacon para establecer el considerado método científico. Y de estas figuras a la matematización del inglés Isaac Newton (1643-1727), que en 1687 publica su célebres “Principios matemáticos de la filosofía natural”.

De la mano de estos autores debemos adentrarnos en los principios de la mecánica clásica, las leyes que definió Newton y el concepto de energía. Su tratado aborda dos palabras que suelen estigmatizarse cuando hablamos de Ciencia experimental en las facultades de educación, Matemáticas y filosofía. No es que pretendamos adentrarnos en ámbitos que no nos sean propios, sino que desde nuestra disciplina, el contacto con estas otras es imprescindible. Del mismo modo el conocimiento social de la época donde vivieron estos personajes es necesario para entender los retos que tuvieron que superar y de nuevo entramos en un terreno que hace que las disciplinas específicas definan una misma Didáctica común.



### **3.2.1.2 Química**

El futuro docente de Educación Infantil y Primaria debería conocer la tabla periódica de los elementos de Dimitri Mendeléyev (1834-1907). No me refiero únicamente a la lista de los elementos, sino a la forma original en la que Mendeléyev los dispuso en la tabla que nos legó. La relación de dicha tabla con los electrones de la última de las capas de cada elemento, sus niveles energéticos y tipos de enlaces. Su libro “Principios de la Química”, publicado en 1869 en el que desarrolla la teoría de la Tabla Periódica de los Elementos, debería referenciarse en este estudio de análisis histórico.

Debería conocer el alumnado de magisterio la vida y obra de Marie Klodowska, nacida en Varsovia el 7 de noviembre de 1867. Esta mujer, como en tantas otras ocasiones en la historia, ha pasado a los anales por el apellido de su marido. En casa del físico polaco Kowalski, Marie conoció a Pierre Curie. Marie realizó su tesis doctoral centrada en el magnetismo, fue esposa y ayudante de científico y madre de otra premio Nobel, su hija Irène. Recibió junto a su marido el Nobel de Física de 1903, el primero que se concedía a una mujer y en 1911 recibe su segundo premio Nobel en Química, esta vez en solitario, por el descubrimiento del radio.

### **3.2.1.3 Geología**

Sobre la disciplina geológica deberíamos conocer entre otros la teoría de la deriva continental del alemán Alfred Wegener (1880-1930). Meteorólogo, catedrático de meteorología de la Universidad austriaca de Graz y geofísico. Como en otros casos de la historia de la ciencia, es una autor que se relaciona con un ámbito científico concreto siendo su formación inicial diferente de ese campo de conocimiento. Su teoría se plasma tras las observaciones realizadas en sus viajes a Groenlandia desde 1908. Las primeras publicaciones de sus ideas aparecen en

1912 y su tercera edición de “El origen de los continentes y los océanos”, de 1929, podría decirse que contiene totalmente revisada su célebre teoría de la Deriva de los Continentes.

#### **3.2.1.4 Biología**

La Biología también tiene sus referentes propios. Puede que sean los más interesantes pues sus análisis científicos son contenidos curriculares de la asignatura de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural<sup>19</sup> en dos de sus bloques. Me estoy refiriendo al Bloque 2. La diversidad de los seres vivos y al Bloque 3. La salud y el desarrollo personal, presentes en los tres ciclos de Educación Primaria.

Nuestra actual legislación, como todas las legislaciones, está llena de interesantes recomendaciones pedagógicas para la docencia en las primeras etapas educativas. Personalmente detesto el revisionismo constante de contenidos y la denuncia constante de ausencia de conocimiento de los actualmente vigentes. Estos textos fueron realizados por compañeros de profesión que intentan abordar el trabajo pedagógico con el mismo interés que podemos suponer al mejor de los docentes.

Yo los utilizo para acercarme a la propuesta de formación de los futuros docentes. Propuesta universitaria pero integrada con los contenidos curriculares de las etapas que deben atender en su desarrollo profesional. Valga como botón de muestra el Artículo 4 en el que este texto desarrolla los objetivos generales de la etapa y donde se expone. “La Educación Primaria contribuirá a desarrollar en el alumnado las capacidades que les permitan: h) Conocer los hechos más relevantes de la historia de España y de la historia universal.”

Nos habla de conocer el hecho, no su fecha o el personaje con quien relacionarlo. Y en los anexos de esta misma legislación nos indica con mayor precisión:

*“Es también necesario que los niños adquieran sólidos fundamentos de una cultura científica, que les permita conocer y comprender el papel de la Ciencia y de los conocimientos científicos en el progreso de la humanidad. En este nivel educativo debe introducirse el estudio de los métodos propios de la ciencia, aprovechando la curiosidad de los alumnos de esta edad por conocer el medio que les rodea y el interés por explorarlo. Es por ello, por lo que sus aportaciones caminan en varias direcciones, permitiendo conocer al alumnado el cuerpo humano, los hábitos saludables que*

---

<sup>19</sup> Decreto 22/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Primaria.

*favorezcan la buena alimentación, la higiene y el cuidado personal; la materia y sus propiedades; las máquinas y aparatos contruidos por el hombre; la estructura de la Tierra y la importancia del agua y del aire; y finalmente, el estudio, el análisis y la clasificación de los seres vivos.”*

Conocer la historia de la teoría del Origen de las Especies de los naturalistas y biólogos ingleses Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace, parece muy recomendable. La obra de Darwin “El origen de las especies por medio de la selección natural o la preservación de las razas preferidas en la lucha por la vida”, publicada en 1859, se considera la compilación definitiva de todos sus trabajos y se reconoce como la explicación de la evolución del mundo natural.

Estos trabajos u otros que definan los departamentos de didácticas específicas, deberían centrar el estudio de los futuros docentes para poder acercarse a la génesis histórica de los acontecimientos que han marcado nuestro pasado. Sólo desde ellos podemos valorar los avances que supusieron para su época.

Es muy importante estudiar las diversas escuelas geológicas y biológicas del reciente siglo XIX, para darnos cuenta de que muchas de sus visiones distorsionadas de la naturaleza siguen existiendo como preconceptos científicos en las mentes de nuestro alumnado. No sólo las tesis especulativas del francés Jean Baptiste de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829). Me refiero también a las teorías defendidas por los maestros de Darwin, el clérigo anglicano y profesor de botánica de Cambridge, John Stevens Henslow y el también clérigo y geólogo Adam Sedgwick. Ambos defendiendo la teoría creacionista implantada como dogma por la iglesia e interpretando el texto del Génesis. O el catastrofismo geológico del paleontólogo francés George Cuvier, que llenaba las eras geológicas de procesos catastróficos en los que el diluvio universal de la Biblia no era más que la última de esas catástrofes. (PELAYO LÓPEZ, 2001)

En relación a la apasionante vida de Darwin, a sus escritos y a las evidencias encontradas tras sus cinco años de viaje a bordo del célebre H. M. S. Beagle (Barco de su Majestad Británica, Beagle) hay que hacer notar:

1. El reconocimiento parcial que en la actualidad tienen muchas de estas hipótesis geológicas del siglo XIX y que se describen un neo-catastrofismo científico para dar explicación a las diferentes fases de la Geología terrestre.

2. Que la obra de Darwin se fundamenta en los estudios geológicos que comenzó junto a su maestro Adam Sedgwick, así como al seguimiento de las teorías del actualismo y uniformismo geológico del británico Charles Lyell. Éste autor entre 1830 y 1833 publicó los tres volúmenes de su obra “Principios de Geología”. El primero de sus libros lo llevó Darwin al comienzo de su viaje y los otros los fue recibiendo a lo largo de los casi cinco años que duró el viaje del Beagle, (27 de diciembre de 1831 - 2 de octubre de 1836). El actualismo y uniformismo que proponía Lyell exponía que los procesos actuales de la Geología terrestre no eran diferentes a los de las épocas prehistóricas, habiéndose producido del mismo modo lento y gradual que se observaba en la actualidad.

### **3.3 Interdisciplinariedad. De la emoción a la inteligencia ejecutiva.**

*El que no posee el don de maravillarse ni de entusiasmarse más le valdría estar muerto, porque sus ojos están cerrados. EINSTEIN, Albert*

Uno de los pilares en este curso de magisterio debe situarse en el trabajo en los laboratorios. La experiencia en ellos permite entender la forma de buscar la corroboración de hipótesis y acercarnos a los conceptos desde la evidencia de lo que nuestros sentidos puedan percibir.

*Lo peor es educar por métodos basados en el temor, la fuerza, la autoridad, porque se destruye la sinceridad y la confianza, y sólo se consigue una falsa sumisión. EINSTEIN, Albert*

Aunque muchas veces lo olvidemos, es el alumno quien aprende y no el profesor quien enseña. Por estos motivos es necesario abordar el trabajo científico en prácticas de laboratorio con los inconvenientes que esto tiene. Dotaciones presupuestarias, número de alumnos por profesor de laboratorio, cumplimiento de las normas de seguridad, son entre otros temas que conllevan grandes dificultades para gestionarlos pero la riqueza que aportan en la formación del futuro maestro son evidentes. Podemos trabajar en rincones de laboratorio de aula o en prácticas caseras que podamos reproducir en el hogar, pero esas experiencias pueden y deben ser compaginadas con la vivencia personal del trabajo en el laboratorio. No se trata de enfrentarnos a la autoridad de un libro de texto, sino de complementarla guiando un proceso en el que pretendemos transmitir emociones y conocimientos.

En el ámbito de la Didáctica de las Matemáticas, el ajedrez y sus aspectos lúdicos han contribuido a formar la disciplina educativa del alumnado. En el ámbito de las Ciencias

Experimentales, deberíamos analizar si los aspectos lúdicos que se viven en nuestra alimentación podrían servir, del mismo modo, en la formación científica del alumnado. Así en el laboratorio se puede experimentar con la producción ecológica de los alimentos, se puede analizar la cadena de transformación de los mismos y finalmente su elaboración final en las cocinas. En estos procesos, los aspectos métricos son fundamentales y la interrelación entre laboratorios evidente, procesos químicos, biológicos, geológicos o físicos, hacen su aparición con la producción alimentaria humana, como nexo de unión entre todos.

No sé si el mundo científico que exponemos al comienzo del siglo XXI tendrá validez dentro de unos años, pero de lo que estoy seguro es que aquello que quede registrado en el corazón de nuestro alumnado, perdurará eternamente. Debemos transmitir sensaciones, formas y valores positivos que les hagan capaces de entusiasmarse sin temor a la equivocación, a la evaluación o al debate. Vivencias personales que puedan transferir a sus futuros alumnos.

*Lo más incomprensible del mundo es que es comprensible. EINSTEIN, Albert*

Aunque en esta postura emotiva todos los educadores nos sintamos de acuerdo, en muchas ocasiones hemos percibido que tan sólo con buena voluntad no se obtiene conocimiento, ni reflexión, ni proceso educativo alguno y por ello la búsqueda de reflexión en otros ámbitos científicos se nos hace fundamental.

Autores como Juan Antonio Marina, trabajan desde hace tiempo en los planteamientos educativos de la inteligencia ejecutiva, alertándonos sobre su necesaria introversión. “Tal vez muchos de los errores educativos que hemos padecido proceden de haber intentado educar la inteligencia cognitiva (proporcionando conocimientos a los alumnos) y la inteligencia emocional (intentando fomentar sus sentimientos agradables) pero descuidando la Educación de la inteligencia ejecutiva, con lo que hemos aumentado su vulnerabilidad y disminuido su capacidad de tomar decisiones o de mantener el esfuerzo.” (MARINA, 2012) (p. 13)

Y ¿Cuáles son las habilidades ejecutivas a las que se refieren estos estudios de inteligencia ejecutiva? En el mismo trabajo de Marina, en su página 33, nos referencia las siguientes.

“Inhibir la respuesta. No dejarse llevar por la impulsividad.” Precisamente, como en el resto de habilidades a las que se referían los expertos del primer congreso virtual, este es uno de los problemas que detecto en mi alumnado de Ciencias y que presenta el alumnado de las primeras etapas educativas. No se detienen a reflexionar sobre la pregunta, son impulsivos.

Siendo este un rasgo de esa etapa educativa y debiendo aprender a regular esa conducta, los futuros docentes en su formación universitaria, la deberían tener controlada.

“Dirigir la atención. Poder concentrarse en una tarea, y saber evitar las distracciones.”

“Control emocional. La capacidad de resistir los movimientos emocionales que perturban la acción.”

“Planificación y organización de metas.”

“Inicio y mantenimiento de la acción. Hay niños y adultos que son muy lentos en comenzar una tarea o incapaces de mantenerla.”

“Flexibilidad. La capacidad de cambiar de estrategia, de aprender cosas nuevas o de aprender de los errores.” Qué gran habilidad y qué poco trabajada en la escuela.

“Manejo de la memoria de trabajo. Capacidad para aprovechar los conocimientos que se tienen.”

“Manejo de la metacognición. Reflexionar sobre nuestro modo de pensar o de actuar, con el fin de mejorarlo.”

Conviene aclarar que todas estas habilidades mal administradas, pueden alcanzar el grado de patología, entrando en ámbitos alejados de la competencia científica. No es por ello mi intención adentrarme en estas cuestiones, pero creo que nos debe llevar a la reflexión.

En concreto no podría elegir mejores criterios de evaluación para la formación de nuestro profesorado, pero dejemos para más adelante este tema y cerremos este punto con una reflexión sobre los contenidos que debemos abordar.

Esta propuesta no pretende interferir con la legislación actual<sup>20</sup> que nos describe los contenidos mínimos obligatorios a abordar en cada una de las etapas educativas y diferentes áreas de conocimiento.

---

<sup>20</sup> Del Decreto 22/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Primaria.

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE en adelante), en su artículo 6.2, establece que el Gobierno fijará los aspectos básicos del currículo, que constituyen las enseñanzas mínimas, con el fin de asegurar una formación común y garantizar la validez de los títulos correspondientes. En desarrollo de este

A pesar de contar en los estudios de magisterio con más asignaturas que pueden apoyar el necesario dominio de estas temáticas, sólo otras dos asignaturas en paralelo para las Ciencias sociales en segundo y en tercero respectivamente completan la oferta formativa obligatoria de grado en la UAM. Sin detallar todos los contenidos contemplados en la actual legislación de la Comunidad de Madrid, parece evidente la dificultad de acercarse adecuadamente a todas estas dimensiones en las que la escala temporal es un referente constante.

Todos estos contenidos mínimos, junto con el resto de los contemplados en cualquier legislación educativa, deben ser atendidos por los docentes en su trabajo profesional, pero ¿cómo acercar a la Ciencia a estos profesionales? ¿Cómo hacerles sentir la emoción por el quehacer científico?

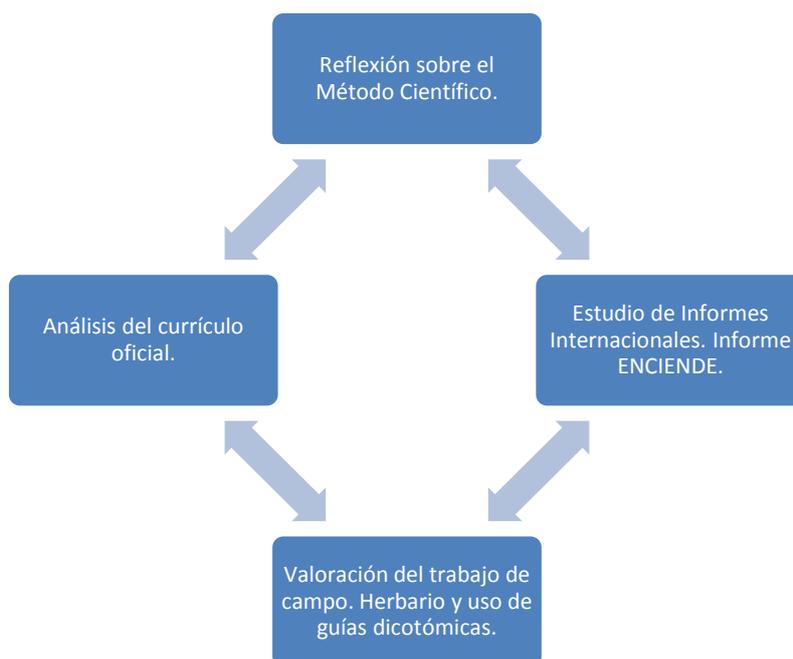
#### **4 Propuesta de Contenidos Didácticos.**

En este apartado atiendo los contenidos relacionados con la ya citada asignatura de tercero del grado de magisterio de Educación Primaria, Didáctica de las Ciencias Experimentales. Como había comentado con tan sólo 6 créditos de formación en un semestre y coincidiendo con el periodo de prácticas de magisterio que el alumnado de este grado realiza en centros educativos. Sin detenerme a reiterar la pobre situación de esta importante formación científica, expongo mi punto de vista. Y para la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales: ¿Cuál es mi propuesta?

---

imperativo legal el Ministerio de Educación y Ciencia ha publicado el Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.

El presente decreto constituye el desarrollo para la Educación Primaria de lo dispuesto en el Título I, Capítulo II de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación; así como en el artículo 5 del Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.



## 4.1 Qué Enseñar.

### 4.1.1 Reflexión sobre el método científico.

La palabra método, significa según su raíz griega “camino hacia” y la palabra latina scientia, significa conocimiento, así que el término “método científico” podría traducirse como “camino del conocimiento”. Me gusta el término camino, pues hace referencia a algo incompleto, no a una suerte de conocimientos cerrados sino justo a todo lo contrario.

Por esto mismo existen discrepancias sobre esta definición tan cerrada y hay muchos autores que no creen en un único método. Definen al científico como el usuario de diferentes métodos, de clasificación, estadísticos, etc., así como de diferentes procedimientos, como el referido de medición. En cualquier caso no se pone en duda ese tránsito guiado y el debate se centra en los términos reproductividad. Algunos proponen que para ser método científico se deben proponer experimentos capaces de ser reproducidos en cualquier lugar y por cualquier persona para ser corroborados, algo que en disciplinas como la historia resulta imposible.

Como comentamos en apartados precedentes el método científico queda definido por el diccionario de Oxford como “un método o procedimiento que ha caracterizado a la Ciencia natural desde el siglo XVII, que consiste en la observación sistemática, medición y experimentación, y la formulación, análisis y modificación de las hipótesis.”

Todos los niños formulan la eterna pregunta: ¿Por qué? ¿Cuántas veces la hemos oído? Y cuantas veces hemos oído también o hemos contestado nosotros, ¡porque sí!

En la Didáctica de la Ciencia Experimental deberíamos admitir esas formulaciones pero acompañadas de estos tres apartados:

Observación sistemática. ¿Qué has observado? Localización, temporalización, ubicación espacial del observador, descripción de lo captado por el/los sentidos,... Forcemos al alumnado a exponer lo que ha motivado su pregunta de la manera más clara, concisa y completa posible.

Medición y experimentación. ¿Lo has medido? Es decir, borremos de su lenguaje expresiones indeterminadas del tipo “hacia mucho calor” o “era tarde”. Y solicitemos al alumno que imagine un experimento que podamos realizar en el aula para acercarnos a esa experiencia vivida y medida. Un modelo experimental o una maqueta entrarían dentro de esta categoría para estas primeras etapas educativas.

Formulación, análisis y modificación de las hipótesis. ¿Puedes proponer una explicación? No nos precipitemos en la contestación de su pregunta.

En las primeras etapas educativas y sabiendo siempre las limitación de nuestro tiempo de docencia, debemos dejar que sea el alumnado el que construya su propia propuesta científica, cimentada en estos tres puntos que definen la metodología científica.

Dejemos que formulen ellos las preguntas pues pese a lo que mucho quieren creer, no es el profesor el que enseña sino el alumno el que aprende, y sólo aprende cuando está predispuesto a hacerlo. Los preconceptos y las incompletas ideas previas, surgen de manera natural y la propia dinámica del grupo clase contribuye a desmontarlas. No impongamos nosotros su desmontaje.

En definitiva, la reflexión se fundamenta en las ideas que han acompañado a la comunidad científica desde el siglo XVII y que precisaron muchos siglos precedentes para darles un cierto cuerpo común. No tratamos de imponer conocimientos, aunque en muchas ocasiones nos veamos obligados a hacerlo por la brevedad del tiempo dedicado a estas disciplinas. Los conceptos más relevantes de la ciencia, se olvidan si se imponen se asimilan si se razonan. Un aprendizaje nemotécnico estará siempre pendiente de nuestra capacidad de retención u olvido

y un razonamiento será el único argumento que podamos utilizar para forzar el recuerdo de lo estudiado.

Son muchos los referentes que nos pueden ayudar a adentrarnos en esta temática conceptual. Un ejemplo de excelente trabajo para la Didáctica Específica lo podemos encontrar de la mano de los maestros, Daniel Gil Pérez de la Universidad de Valencia (Licenciado en Ciencias Químicas, Doctor en Ciencias Físicas y Catedrático de Ciencias Experimentales) y Miguel de Guzmán de la Universidad Complutense de Madrid (Estudiante de ingeniería, Licenciado en Filosofía y Matemáticas, Catedrático de Análisis Matemático y miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales). En su célebre trabajo, “El Modelo Constructivista de Enseñanza/Aprendizaje de las Ciencias: Una corriente innovadora fundamentada en la investigación”<sup>21</sup> los autores nos describen pormenorizadamente los puntos para acercarse a una correcta docencia en ciencias.

#### **4.1.2 Estudio de Informes Internacionales. Informe ENCIENDE.**

Ya citamos anteriormente algunos de los más relevantes estudios y trabajos relacionados con la enseñanza de las ciencias. Su conocimiento, estudio y reflexión, debería contemplarse dentro de esta etapa de formación del futuro docente. Pero si tenemos que destacar un trabajo de forma especial, yo me centraría en el Informe ENCIENDE. Se trata, como ya he mencionado, de un escrito realizado por la Confederación de Sociedades Científicas de España, por lo que intervienen personalidades de diversos campos científicos. Es un informe sobre la Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. Como dice su subtítulo: “análisis, reflexiones y propuestas para un acercamiento de la Ciencia al mundo escolar que promueva en los niños el interés por la ciencia, el aprendizaje científico y una visión no estereotipada de la empresa científica y sus protagonistas.” Y, además de otros autores, destacan para nuestro área de conocimiento dos Catedráticas y referentes nacionales en Didáctica de las Ciencias Experimentales, la bióloga María Pilar Jiménez Aleixandre de la Universidad de Santiago de Compostela y la Química Neus Sanmarti Puig. Estas dos personalidades, junto con la doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales Digna Couso Lagarón, reflexionan sobre la perspectiva de la enseñanza de las Ciencias en las edades tempranas, (páginas 57-88), los cambios que plantea la nueva organización del

---

<sup>21</sup> Del libro de GIL PÉREZ, D. y de GUZMÁN, M. (1993) Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Ibercima. Ed. Popular. En red: <<http://www.oei.es/oeivirt/ciencias.htm#Indice>> Consulta agosto 2012.

currículo por competencias y desarrollan 14 propuestas sobre la enseñanza de las ciencias. (VVAA, COSCE Confederación de Sociedades Científicas de España, 2011)

#### **4.1.3 Valoración del trabajo y prácticas de campo. Herbario y uso de guías dicotómicas.**

Como ya hemos tenido ocasión de comentar, las prácticas de campo, las visitas a centros de interpretación de la naturaleza, a espacios naturales o áreas museísticas, son un complemento necesario para una correcta formación disciplinar en Ciencias experimentales. A pesar de esta recomendación que se hace desde diversos informes internacionales, sigue pesando el estigma social de que estas visitas son una pérdida de tiempo, una manera de evadirse de la docencia y despilfarrar recursos.

En muchas ocasiones me he encontrado con este tipo de reflexiones incluso dentro del seno de una Facultad de Educación y Formación del Profesorado y, puede que por ello, debamos de hacer más pedagogía para explicar las razones de este uso didáctico.

Debido a la falta de tiempo a la que antes me he referido, centraría nuestra acción en la realización de una salida al campo para elaborar un herbario, mediante los criterios de clasificación de una guía dicotómica.

#### **4.1.4 Análisis del currículo oficial.**

El conocimiento de la legislación es otro de los temas que debería abordarse en esta asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales. No se trata de conocer una legislación concreta que a buen seguro será modificada, sino las ideas que en ella se incorporan y que es probable no desaparezcan, tan sólo cambiarán de formato (SANMARTI, 2000).

Si nos detenemos en su lectura, por cierto breve pues no son más que siete páginas<sup>22</sup>, encontraremos la sugerencia que se nos hace sobre las formas de acercar nuestra disciplina al aula.

## **4.2 Cómo Enseñar.**

---

<sup>22</sup> Decreto 22/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Primaria. (49 páginas) y su anexo referido a Ciencias 7 páginas.

*“Considerando las características tanto del área como del alumnado, se utilizarán en todos los ciclos de la Educación Primaria, de forma sistemática y progresiva, los procedimientos de recogida, selección y análisis de la información, a través de las fuentes tradicionales y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Asimismo, se fomentará la actitud investigadora para explorar la realidad a través de diferentes actividades y, entre ellas, las que impliquen un trabajo de campo. Conseguir lo expuesto se verá favorecido organizando el aula con los recursos bibliográficos, cartográficos, audiovisuales y multimedia de tal forma que permitan al alumnado la construcción progresiva de los conocimientos.” (Decreto 22/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Primaria. Anexo área de conocimiento a) Conocimiento del Medio natural, social y cultural, introducción)*

La realización de cuadernos de campo ya sean cuadernos digitales, portfolios o en papel, es una correcta herramienta científica que deben conocer, en la que queden recogidas sus reflexiones personales sustentadas en razonamientos científicos, así como los cuadros, tablas e ilustraciones que les hayan ayudado a acercarse al conocimiento científico. De esta forma el sentido Artístico, la relación con la competencia Matemática y Lingüística, así como el trabajo en grupo, forman una esencial forma de trabajo en el aula y fuera de ella.

*La mente intuitiva es un regalo sagrado y la mente racional un siervo fiel. Hemos creado una sociedad que honra al siervo y ha olvidado el regalo. EINSTEIN, Albert*

Puede parecernos que toda nuestra existencia está predefinida y, por desgracia, muchas experiencias humanas están todavía lastradas en esta sociedad del siglo XXI por falta de la más exigua atención. Todavía son muchos y, por desgracia, parece que lo seguirán siendo por algún tiempo, los niños condenados a una existencia inhumana alejados de los más mínimos derechos básicos. Pero para aquellos que puedan acercarse al conocimiento, aunque sólo sea por unos instantes, es de justicia que encuentren profesionales capaces de transmitir unas emociones por el saber, que dejen huella positiva en el alma de esos chicos.

Aunque muchas de las referencias vitales las hemos heredado, somos libres para buscar experiencias durante toda nuestra vida que configuren nuestra educación, y sería de interés que el profesorado que nos atienda en ese camino, nos transmita más que conocimientos, pasión por la Ciencia que estudia y por la cultura general en la que se desenvuelve.

## **5 Conclusiones.**

El docente del siglo XXI se enfrenta a problemas similares a los que se enfrentaron los docentes de épocas pasadas. Su formación tiene cada día más importancia y se es más exigente con las necesidades que la sociedad nos demanda. Como tantas veces se ha repetido, no podemos tener sistemas educativos del siglo XIX, docentes del XX y alumnado del siglo XXI.

Este último grupo discente precisa un lenguaje tecnológico que domina con naturalidad y sean o no nativos o inmigrantes digitales, lo cierto es que las herramientas con las que buscan el conocimiento han cambiado y, por desgracia, no tanto como los métodos que seguimos usando para mostrarles el camino a esa verdad. Aunque el conocimiento sea ubicuo y esté en Internet, las Metodologías Pedagógicas no pueden encontrarse en la red de redes.

*Nunca consideres el estudio como un deber, sino como una oportunidad para penetrar en el maravilloso mundo del saber. EINSTEIN, Albert*

Estas razones nos obligan a modificar nuestra perspectiva en relación con las innovaciones tecnológicas que nuestro desarrollo industrial y social pone a nuestro alcance. Las Ciencias Experimentales deben ser descubiertas por el alumno y no expuestas como un compendio de procesos para ser memorizados. Intentemos que nuestro alumnado vea la naturaleza. Por ello, si Santiago Ramón y Cajal, premio Nobel de Medicina, precisó de una herramienta como el microscopio para percibir la estructura neuronal del cerebro y poder dibujarlo, ¿cómo no usar nosotros los medios que estén a nuestro alcance para contemplar el objeto de nuestro estudio?

*El secreto de la creatividad es saber cómo ocultar las fuentes. EINSTEIN, Albert*

Para reflexionar sobre nuevas formas de hacer pedagogía en el aula, la historia se revela como una poderosa fuente de inspiración. Al igual que en la misma, los artistas buscan imágenes y vías para desarrollar nuevas formas, sonidos, sabores u olores, los docentes debemos buscar los caminos que otros comenzaron a explorar y que, por falta de medios técnicos, falta de recursos económicos o situaciones sociales diferentes a las actuales, no les permitieron desplegar lo que tanto esfuerzo les costó exponer.

Se trata de copiar las formas de hacer de los maestros y de reconocer el gran camino que realizaron, para haciendo honor a su trabajo, engrandecerlo y desarrollarlo.

## **Bibliografía**

ATRIO CERREZO, S. (2004): *Alfabetización científica del siglo XXI: constructores del conocimiento ¿Destruyores de la Creatividad?* En J. Quintanal Díaz, & Coordinador, Los retos de la Educación del siglo XXI (págs. 181-193). Barcelona: edebé.

ATRIO CERREZO, S. (2007): *Historias de la Historia. ¿Tan sólo un recurso para la docencia de las matemáticas?* En VVAA, Aprender Matemáticas. Metodología y Modelos Europeos (págs. 165-181). Madrid: MEC, Secretaría General de Educación.

ATRIO CERREZO, S. (2010): *El Renacimiento del siglo XXI para la Universidad Europea*. Revista Iberoamericana de Educación (RIE), Nº 51/5, 105-145.

COLLETTE, J. P. (1985): *Historia de las matemáticas*. Madrid: Siglo XXI de España Editores S.A.

LAHOZ-BELTRA, R. (2011): *Las matemáticas de la Vida. Modelos numéricos para la Biología y la Ecología*. Villatuerta (Navarra), Navarra, España: RBA Coleccionables, S.A.

LOPEZ SANCHO, J. M. (2003): *La Naturaleza del Conocimiento. Clave para entender el proceso de aprendizaje*. Madrid, España: CCS.

MARINA, J. A. (2012): *La inteligencia ejecutiva* (Primera ed.). Barcelona, España: Editorial Planeta, S.A.

OSBORNE, J. ; DILLON, J. (2008): *Science Education in Europe: Critical Reflexions*. Nuffield Foundation.

PELAYO LOPEZ, F. (2001): *De la creación a la evolución. Darwin*. (Primera ed.). Madrid, España: NIVOLA libros y ediciones, S.L.

SANMART, N. (2000): El diseño de unidades didácticas. En F. J. PERALES PALACIOS, P. Canal de León, F. J. ; PERALES PALACIOS, & P. CAÑAL DE LEÓN (Edits.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pág. Capítulo 10). Alcoy: Editorial Marfil.

VVAA, COSCE *Confederación de Sociedades Científicas de España*. (2011). *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Madrid: Rubes Editorial.