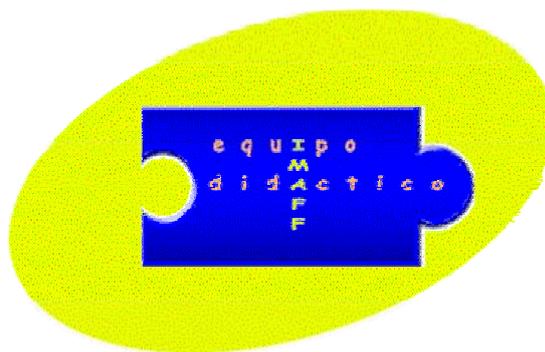


CIENCIA Y ENSEÑANZA
Una colaboración necesaria



Por
M^a José Gómez Díaz, J. Manuel López Álvarez, José M^a López Sancho
y Alfredo Tiemblo

Inst^o de Matemáticas y Física Fundamental (CSIC)

Resumen

En este artículo se recogen algunas consideraciones que ponen de manifiesto la necesidad del acercamiento entre el mundo de la investigación y el de la enseñanza. Creemos que esto resulta especialmente sencillo, puesto que el camino de la educación consiste en un recorrido simplificado y planificado por la historia de nuestra sociedad. A lo largo de él se enseñan al niño los descubrimientos y conocimientos que forman la base de nuestra cultura. Asimismo se hacen algunas reflexiones sobre la formación científica del profesorado, los contenidos que deben transmitirse a los niños y la forma en que esto ha de llevarse a cabo. Pretendemos de esta manera facilitar la enseñanza de la ciencia en la escuela, como se viene haciendo en la mayoría de los países de nuestro entorno desde principios de los setenta.

ABSTRACT

In this article the author tries to demonstrate that there is a great necessity of setting up strong links between both the research and the teaching worlds. This turns up to be rather easy, since the path of education is a simplified and planned traject through the history of our society, where children learn the discoveries and the inventions that are the base of our culture. At the same time, it includes some considerations about the scientific background of teachers, the contents they transmit to their students and the way in which this contents are offered. Therefore the aim is to make much simpler the teaching of science at school, such as it has been done in the countries around Spain since the beginning of the 70's.

INTRODUCCIÓN:

Se aproxima el final del segundo milenio y del vigésimo siglo. Los finales de curso o los días de año viejo proporcionan momentos propicios para la recopilación y el recuerdo. Cuando coinciden en una fecha el fin de tantos periodos, es casi obligado

reflexionar para planificar y por lo tanto predecir (porque cualquier plan lleva consigo un proceso de adivinación).

A la sombra de los nuevos tiempos, vamos a hacer algunas consideraciones y comentarios sobre la colaboración, que sentimos necesaria, entre *científicos* y *enseñantes*, entre los centros de investigación y de formación, especialmente los que corresponden a las primeras etapas de la enseñanza.

Para empezar, bueno será echar un vistazo al panorama de la ciencia del siglo pasado. En el libro de opciones de la revisión de ciencias de la Universidad de Chicago para el curso 1898-99, había un comentario a manera de presentación e introducción de los estudios de Física que se podían seguir en esa Universidad. El Director era entonces A. MICHELSON, uno de los físicos más originales del siglo pasado y la introducción se debió muy probablemente a él. En ella dice que aunque pudiera suceder que la Física volviera a maravillarnos en el futuro con algunos descubrimientos tan asombrosos como los de este siglo, parece poco probable que se descubran nuevos principios. En su opinión, los nuevos avances que quedan por contemplar caen en el campo de la aplicación de las leyes a fenómenos conocidos.

Lord KELVIN se expresaba en términos semejantes un año antes, afirmando que lo único que podemos esperar de la Física se encuentra más allá de la quinta cifra decimal. En el siglo XIX se había descubierto la naturaleza ondulatoria de la luz, las leyes del electromagnetismo y de la termodinámica y la existencia de los átomos se había enunciado ya como hipótesis. Sólo se conocían las fuerzas electromagnética y gravitatoria. El espacio-tiempo absoluto estaba en la base de la concepción del mundo. Estos conocimientos formaban un conjunto armónico y coherente que sugerían el final de una era, e incluso los físicos más creativos se sentían pesimistas en cuanto a descubrimientos futuros.

Por cierto, en esos momentos, finales del XIX, España estaba marcada por el pesimismo. Desde las épocas de esplendor cultural que comienzan con Alfonso X El Sabio hasta la derrota de Cavite, el país había recorrido el largo camino que va desde la euforia a la depresión. Fueron las derrotas de ambas flotas, la del Atlántico en Cuba y la del Pacífico en Filipinas, las que actuaron como un trueno que hizo despertar al país; estaba clarísimo que, tanto el fracaso como el nuevo orden internacional de las potencias del momento, tenían una causa común: la insuficiencia de nuestro desarrollo científico y técnico. Los barcos americanos, más rápidos y mucho más potentes eran el resultado de un nivel industrial y unos conocimientos científicos de los que carecía España.

Pero volvamos al hilo del discurso. El futuro todavía reservaba avances imprevisibles: Rayos X, radioactividad, descubrimiento del electrón, Relatividad y Mecánica Cuántica aparecieron en los primeros veinte años del siglo XX. Y fue MICHELSON uno de los principales actores de los acontecimientos; tanto él como KELVIN recibieron el Nobel pocos años después, aunque no precisamente por sus predicciones.

Si trasladamos la situación que hemos descrito a nuestros días, resulta claro que debemos hacer planes y preparar actuaciones para educar a los ciudadanos del 2015, que ahora empiezan su enseñanza primaria. Como componentes del grupo de didáctica del *IMAFF* venimos ocupándonos, desde hace años, en un proyecto que permita y estimule el diálogo entre los que trabajamos en centros de investigación, desarrollo e innovación -empleando la terminología más moderna- y los que enseñan en las primeras etapas, a nuestro entender las más importantes. Por eso nos hemos apresurado a aprovechar la oportunidad de ponernos en contacto con vosotros los profesores de Infantil y Primaria, a través de esta revista, vehículo apropiado para el intercambio de ideas entre los dos ámbitos.

2.- El camino de la educación, el camino de la historia

Como paso previo a nuestro discurso, podemos echar un vistazo "al camino de la educación", que debe recorrer el niño desde que nace hasta que ocupa su lugar en la sociedad en la que le ha tocado nacer. De la misma manera que durante la gestación se recorren los diversos estadios de la evolución (la ontogenia repite el camino de la filogenia, como dicen los eruditos), durante la educación recorreremos el camino de nuestra historia. El primer recorrido, el biológico, es común a todos los seres humanos. El segundo, el de la escuela, es específico de cada cultura. Por ello, cuando viajamos a China o Japón, nuestra educación no nos permite entender sus costumbres, ritos o normas. A veces incluso cambian los gestos con que decimos sí o no con movimientos de cabeza.

Tabla 1 El camino de la educación, el camino de nuestra historia

a.c	1.000.000	Lenguaje
	8.000	Invencción de la agricultura y ganadería
	6.000	Alfarería
	4.000	Edad de los Metales
	3.000	Uso de la rueda, invención de la escritura sin alfabeto
	1.200	Los hititas inventan la metalurgia del hierro
	1.000	Los fenicios inventan el alfabeto
	560	Invencción de la moneda por los indios
	400	El mundo griego mide le diámetro de la Tierra. Platón y Aristóteles.
	753	Fundación de Roma

d.c	303	Constantino cristianiza el Imperio Romano
	570	Nace Mahoma
	1.100	Llegan desde China la brújula y la pólvora. Aritmética árabe (numeración en base 10). Renacimiento en España.
	1.400	Comienzo del Renacimiento
	1.450	Invencción de la imprenta
	1.492	Descubrimiento de América
	1.580	Copérnico
	1.600	Galileo y el telescopio. Empieza la revolución científica
	1.780	Revolución industrial. Máquina de vapor de Watt.
	1.789	La Revolución Francesa
	1.917	Revolución Rusa. Radioactividad, Mecánica Cuántica y Relatividad. 2ª revolución científica
	1.945	Utilización de la energía nuclear
	1.950	Empieza la revolución informática
	1.951	El Sputnik en órbita. Consternación de los pedagogos del mundo occidental
	1.969	El hombre en la Luna
	1.972	Empieza en Europa (Reino Unido) la enseñanza de la ciencia en Infantil y Primaria

En la tabla 1 hemos representado lo que podría ser la historia de nuestra sociedad. La primera parte (una lengua, por ejemplo), común a toda la humanidad, es un elemento

del conjunto de conocimientos sin más calificativo que el de "conocimiento", tan general, que lo hemos unido al concepto de ser humano. Una lengua hablada, una escritura fonética, una forma de representar los números, conocimientos de aritmética y algunos de astronomía son ahora inseparables de la realidad hombre. El camino del aprendizaje de nuestra cultura contiene prácticamente todas las materias que es preciso impartir en Infantil y Primaria.

El primer hito de la historia de la humanidad es la invención de un lenguaje articulado; lo que la especie tardó en conseguir, tal vez dos millones de años, se nos concede en dos o tres años. Pero el idioma que sabemos a esa edad es un lenguaje sencillo, con un número limitado de conceptos y de acepciones. Durante la educación Infantil y Primaria aprendemos categorías como justicia, solidaridad,... y términos como planeta o satélite; al final de la primaria deberíamos incluir en nuestro vocabulario otros como electrón, neutrón..., fenómenos como inercia o radioactividad y disciplinas como ecología o economía. Este proceso de aprender palabras, con sus significados, es el primer trabajo importante que realizamos. ¿Qué quiere decir sonido, luz o electricidad? Si leemos la inefable "Antología del Disparate" veremos que la mayoría de las respuestas erróneas se deben a defectos de lenguaje. Sólo se puede entender una respuesta como "los judíos en el desierto comían patriarcas", si suponemos que el alumno no conoce el significado de "patriarca", ni de "maná" ni, puede, que el de "judío". Así pues el profundizar sobre el significado de las palabras, preguntándose qué quiere decir imán o qué es entender, nos puede llevar muy lejos.

Atendiendo al planteamiento que hemos propuesto del camino de la enseñanza, en una vida debe caber toda la historia de la humanidad, al menos de forma resumida, ahorrando los dos pasos atrás por cada tres hacia delante.

Ninguna ciencia es superior a otra. Sus nombres no sirven más que para distinguir su posición en la parte de la realidad que contemplan. Y es que para entender el mundo, como cualquier sistema complicado, tenemos que dividirlo en estratos, niveles o capas como las de una cebolla. Por ejemplo, si queremos comprender un ordenador, es menester dividirlo al menos en dos niveles: el hardware, el inferior, que consiste en elementos en los que se puede escribir la información, en pantallas que nos la enseñan y en teclado y ratón que nos permiten el diálogo con la máquina. Luego están los programas que, aunque escritos en el hardware, son algo completamente diferente y que se puede entender en sí mismo con independencia de cualquier tipo de soporte.

Lo mismo ocurre con la naturaleza. La Física nos proporciona el entendimiento básico del mundo, los mecanismos, las fuerzas fundamentales. La Matemática, ciencia que la cantidad considerada en relación con ciertos fenómenos físicos. A partir de ellas, surge un segundo nivel: la química, que se ocupa de la estructura de los materiales y, en consecuencia, construirlos, así como jugar con las moléculas o desarrollar la metalurgia. A continuación viene la biología, que nos enseña el hardware del ser vivo y, aún más allá, las disciplinas correspondientes al software: ciencias como la historia, la literatura... y las que relacionan hardware y software: psicología, pedagogía, etc.

¿Qué enseñar? Lo que se enseñe en Infantil y Primaria tiene que ser adecuado, tiene que durar toda la vida. Ciencia y enseñanza van unidas, justamente porque lo que una generación inventa, crea o descubre se debe enseñar a la siguiente, de manera que empiece donde los anteriores han terminado. A esto se refería Newton cuando decía en el siglo XVII que él había llegado muy alto porque se apoyaba en hombros de gigantes. El proceso de aprendizaje es interesante en sí mismo. Y lo maravilloso es que sea posible aprender. En palabras de GRIBBING, es fascinante que las ideas más originales, los descubrimientos más impresionantes, los resultados de la máxima creatividad humana se nos puedan explicar al resto de los humanos y seamos capaces de entender, incluso después del pasmo inicial, gozando con el nuevo conocimiento y acostumbrándonos a él.

Solemos decir con HUXLEY cuando leyó el libro de DARWIN: "¡Cómo no se me ha ocurrido algo tan obvio!". La capacidad de aprendizaje hace que el descubrimiento de la escritura fonética, cumbre del ingenio y que costó algunos millones de años, sea absorbido materialmente por un niño en unos pocos meses. Los hechos más polémicos de la historia, como la esfericidad de la Tierra, la existencia de microorganismos, la hipótesis atómica, pasan al almacén de conocimientos del niño con una increíble facilidad. Los descubrimientos más revolucionarios tardan diez años en ser estudiados en la Universidad, quince en el bachillerato y veinte en la Escuela Primaria.

Y no sólo ocurre esto con los conocimientos. También sucede con los avances sociales que han modificado la historia: el rechazo de la esclavitud, la igualdad de los seres humanos y de los sexos, que han costado literalmente sangre, sudor y lágrimas, son asumidos por el niño en breves instantes.

3.- Nuestro mundo se puede entender

Alguna misteriosa razón debe existir para que sea tan sencillo aprender. Una persona en su primer cuarto de vida adquiere los conocimientos que le permiten construir aviones o centrales nucleares, grandes edificios, teléfonos móviles, televisores u ordenadores, por citar las últimas tecnologías. Según EINSTEIN, la razón de este extraño fenómeno es que el mundo se puede entender. Y por ello se puede explicar que esas enseñanzas pueden ser aprendidas. Lo único que tenemos que hacer para que una persona aprenda es, según EINSTEIN, enseñarle. Pero las enseñanzas que reciba deben seguir una secuencia escalonada, sin contradicciones en la sucesión de conocimientos transmitidos. Por ello, los profesores de las primeras etapas deben disponer de los conocimientos básicos y esenciales que constituyen el paradigma en el que va a transcurrir la vida del niño que se les confía.

Si hubiese que definir la ciencia por alguna de sus herramientas, diríamos que su distintivo principal y su fuerza reside en los modelos. Un modelo es una representación de la realidad que construimos en nuestra imaginación, una especie de simulador de la naturaleza. Es la manera en que trabaja nuestro cerebro. Para fijar las ideas, podemos utilizar un ejemplo sencillo como el de la construcción de una casa. El proyecto nace de un acto de creación de nuestra imaginación, la vemos ya terminada en nuestro pensamiento. La podemos recorrer hasta en sus más pequeños detalles y modificarla a nuestro antojo. Finalmente la pasamos a planos, calculamos las estructuras, el número de ladrillos, etc, y la casa se hace realidad. Los encuentros de las paredes son líneas rectas perfectas y los ángulos que forman son de 90°. La casa imaginada está construida con los elementos del mundo de las ideas de Platón.

De la misma forma que nos imaginamos la casa del ejemplo anterior, que es parecida a otras casas que conocemos, podemos hacer lo mismo con la estructura atómica de los objetos de mundo real. Podemos pensar que el agua está formado por moléculas, todas iguales, unidas cuando forman hielo, o libres pero juntas como en una bolsa de canicas, en la fase líquida, flotando también entre las moléculas del aire cuando están en forma de vapor. Hasta aquí la construcción de un modelo del agua no ha sido más que un acto de nuestra imaginación. A continuación enunciaremos las leyes del comportamiento para esas moléculas, las bolas de nuestro modelo: chocan de forma elástica, cuesta trabajo separarlas cuando están pegadas, se mueven más deprisa cuando se calientan, etc. Y ahora llegamos así al hecho fundamental que constituye la base del método científico: debemos comprobar, verificar lo que ocurre en el agua real, viendo si se comporta como la hemos imaginado en nuestro modelo hipotético. Si lo hacemos así, sometiendo el agua de verdad a las mismas operaciones a las que sometemos al agua imaginada: lo calentamos y enfriamos, etc, manipulamos en suma la realidad. En palabras de FEYNMAN: cuando el resultado de los experimentos coincide con nuestras previsiones, aceptamos el modelo; si no es así debemos rechazarlo sin piedad, con independencia de su mayor o menor belleza. Esta es la base de la construcción de la ciencia.

Este es un aspecto fundamental que debe, a nuestro juicio, enseñarse a los alumnos: hay que preguntar a la naturaleza si nuestros modelos imaginados son correctos o erróneos. Para ello os proporcionaremos ideas, sobre experimentos fáciles de realizar, que sirvan para comprobar hipótesis sencillas pero fundamentales. En el experimento que presentamos en esta misma revista se contempla el paso de un rayo de luz a través de un vidrio de color. Como es evidente, el rayo emerge del color del vidrio; la pregunta que surge inmediatamente es: ¿se tiñe la luz de la misma forma que un chorro de agua? Y la parte crucial de esta pregunta es que sólo se puede contestar haciendo un experimento.

El poder que proporcionan los modelos nos convierte en genios que juegan con los planetas e incluso con el sol, como si fueran naranjas. Esto, aunque metáfora, es estrictamente cierto. Cuando ANAXÁGORAS concibió la idea de que la tierra era redonda (III a de C), inmediatamente se la imaginó como una sandía que podría mover, medir y partir a voluntad. ¿Cómo se puede determinar el diámetro de la Tierra? Empresa muy difícil. ¿Cómo se puede medir el radio de una sandía? De una manera muy sencilla, la cual contaremos en otra sección del presente número de *Educación y Futuro* para no perder el hilo del razonamiento. Igualmente, es muy sencillo entender las fases de la luna si se imagina ésta como una naranja que da vueltas en torno a una sandía, cuando ambas están iluminadas por la luz lejana del sol.

4.- El poder de la palabra en la tarea de la enseñanza

¿Qué debemos enseñar? Hace cuarenta años los fontaneros empleaban plomo, cobre hace veinte y ahora materiales plásticos. ¿Qué les hubiera supuesto saber física y química para trabajar con materiales aún no inventados? Con conocimientos generales se pueden adquirir los particulares. Por ello, deberíamos así mismo instruir a los alumnos en los conocimientos más básicos y más modernos, porque les serán útiles a lo largo del mayor tiempo posible. Esta es la razón por la que creemos que debemos colaborar profesores e investigadores para determinar esos conocimientos y la mejor forma de transmitirlos.

¿Para qué enseñar ciencia? Afortunadamente ya no es necesario convencer a nadie de la necesidad de enseñar ciencia en la educación Infantil y Primaria. Junto con la lengua y las matemáticas ha pasado a formar el núcleo del currículum de estas etapas en casi todo los países occidentales. El proceso comenzó en los ambientes científicos y de enseñanza en los últimos años de la década de los 60 en Estados Unidos, con el *Elementary Science Study* y el *Science Curriculum Improvement* de 1966, entrando en Europa en 1972 a través del proyecto curricular *Science 5-13* en el Reino Unido. La razón fundamental para incluir la ciencia como materia básica de formación en la etapa 5-13 años puede verse con el concurso de la tabla 1 ayudados por un sencillo experimento conceptual.

Supongamos que, en el camino de la Historia que hemos representado, tomamos a un niño de, digamos, del siglo XVIII y lo trasladamos a una escuela del año 2000; es evidente que se encontraría fuera de contexto, como Tarzán en Nueva York, sin forma de entender el mundo. Esta sería la penosa situación de un alumno al que se le ocultara el conocimiento de los principios básicos de su mundo. Sería muy deseable poder conocer nuestra realidad con la profundidad que Robinson Crusoe conocía la suya, de tal manera que en tan sólo unos años logró reproducirla en una isla desierta (*la isla de Juan Fernández*). Desgraciadamente el tiempo de vida es demasiado corto para poder absorber todo el conocimiento generado por la Humanidad en los últimos cuatro siglos. Pero sí podemos adquirir unos fundamentos básicos que nos permitan sentirnos cómodos e incluso opinar con criterio sobre los temas polémicos actuales: la energía atómica, la clonación, etc. Entre Tarzán en Nueva York y Robinson Crusoe debemos encontrar un punto de equilibrio razonable.

Lo dice la Biblia y está en canciones: “al principio de los tiempos el hombre puso nombre a los animales”... Este hecho aparentemente simple, poner nombre a algo, implica una labor de observación profunda y sistemática. Es previa a cualquier juicio o frase que se pueda hacer sobre el objeto o ser vivo: hay que ponerle un nombre, identificarlo entre todos los demás y definirlo como concepto. El león no es un animal determinado, es la definición de una especie; el sustantivo mesa no define un objeto determinado sino toda una serie, un conjunto que tiene algo en común, aunque a veces sea imposible definirlo con palabras.

Esta etapa de poner nombre, que podríamos llamar taxonómica, es previa a cualquier estudio, ya que nuestro cerebro trabaja con ideas de este tipo, universales que corresponden a clases de equivalencia. Si un profesor quiere atraer el interés de sus alumnos hacia la óptica tendrá que empezar intentando definir lo que es la luz. Si lo que va a tratar es el sonido tendrá que lograr que los alumnos lo identifiquen. Una vez adquirido el "sustantivo" habrá que trabajar los adjetivos, los artículos, etc Hay sonidos agudos y graves cuando se tratan uno a uno. Sonidos armónicos y sonidos disonantes si se estudian de dos en dos, etc Hay también productores de sonido, transmisores y absorbentes.

Por ello, creemos que se debe dedicar el tiempo necesario a este proceso posterior a la observación, y previo a la investigación, pues nos proporcionará el lenguaje necesario para poder plantear y tratar de resolver el problema científico. Si queremos estudiar la pirámide ecológica, debemos primero clasificar los seres vivos al menos en tres categorías: los que se alimentan de carne, los que comen hierba y la hierba propiamente dicha, de manera que podamos entender quién se alimenta de quien y determinar el camino de la energía. Sólo después de esta labor de "poner nombre", de identificar el conjunto de cualidades que definen el objeto de nuestro estudio, podemos pasar a la segunda etapa, la de preguntarnos cómo se produce y se comporta ese algo que hemos definido. A esta pregunta contestaremos por medio de la experimentación y, una vez que sepamos "su forma de ser", podremos aventurar alguna hipótesis a cerca de "qué o cómo es". ¿Es el sonido un chorro de partículas que salen de instrumentos musicales o de nuestra boca y golpea en el oído? O, ¿son como las ondas en el agua? Observación, pregunta, hipótesis y experimentación son como los cuatro ladrillos que nos permiten construir la escalera de caracol que es el método científico.

5.- La importancia de saber preguntar

Hasta aquí hemos descrito el proceso de inferencia. Sigamos hablando sobre el segundo ladrillo de la escalera: "la pregunta", algo innato que caracteriza la etapa infantil. Sirve para construir modelos por medio de un acto de creación: la enunciación de una hipótesis que nosotros inventamos. Una vez aceptada esta hipótesis, viene la etapa de comprobación de las predicciones. En ella el alumno debe deducir el comportamiento esperado, diseñando y realizando experimentos para comprobarlo.

¿Cómo definir la ciencia que deben saber los maestros de Infantil y Primaria? Para contestar a esta pregunta vamos a pensar un poco sobre los tipos de conocimientos que podemos tener. Si nos fijamos en la cantidad y profundidad, en un extremo se encuentran los especialistas en determinados temas, los que lo saben todo de un área reducidísima del saber humano.

En el extremo contrario se encuentran los generalistas los que saben un poco de todo. Entre este saber casi todo de casi nada y el saber casi nada de casi todo, tenemos que fijar un punto intermedio, un lugar de equilibrio que nos permita entender las coordenadas que definen el camino de la tabla 1. Es decir, aquellos conocimientos que cuando aparecieron cambiaron el paradigma en que se movía la sociedad y los aparatos, instrumentos y medios de que se servían. Si en la tabla 1 el paradigma de cada momento histórico se forma acumulando el conocimiento de los hitos pasados; si

hiciésemos un viaje hacia el pasado en una máquina del tiempo, como la que inventó H. G. Wells, y se detuviera en un punto del camino de la historia para nosotros desconocido, nos bastaría observar si había teléfonos, telégrafos eléctricos u ópticos, molinos de viento o eléctricos, si los cazadores empleaban pólvora o un simple arco. Si conocían las leyes de Mendel o de la Gravitación, si usaban el manómetro o el termómetro, el teorema de Pitágoras o sabían resolver una ecuación de segundo grado, para ir acotando el tiempo, acordonando la zona del pasado en que nos había dejado nuestro extraño vehículo. Pues bien los conocimientos que debería tener nuestro viajero son los que, en nuestra opinión, deberían tener los profesores de Infantil y Primaria. No necesitarán saber hacer una central nuclear, pero sí cómo funciona y qué potencia se espera suministre. Estos conocimientos sirven para definir los paradigmas pasados y nos facultan para preparar a los alumnos del futuro.

La maldita pregunta concreta:

Cuentan que en una academia militar a finales del siglo XIX en uno de esos periodos entre clases, un profesor de artillería charlaba con sus alumnos sobre temas de proyectiles y corazas. Uno de los futuros oficiales se mostraba más partidario del poder de las planchas de protección que de la capacidad de penetración de los proyectiles y se entabló una discusión sobre el tema. El devenir de la conversación llevó el asunto hacia el tamaño que debían tener los barcos para soportar los impactos.

- "Pero es que un barco es muy grande"- decía el alumno -.
- "Pero, ¿Cómo de grande?"- preguntó el profesor -.
- "Enorme"- respondía el alumno -.
- "Sí, pero ¿Cuántas toneladas?"

El alumno quedó mudo ante la contundencia de la maldita pregunta concreta. Ante el paso brusco del mundo cualitativo al del guarismo, que decía el Tenorio, es decir, ante el empujón que le metía en el mundo concreto de los números, dicen las crónicas que el alumno salió como pudo:

- "No sé, casi mil toneladas"- contestó, dejando atónitos a los presentes.

Este ejemplo ilustra la necesidad de conocer los órdenes de magnitud, si uno quiere vivir en el mundo cuantitativo. Si queremos construir el acueducto de Segovia, tendremos que saber exactamente el tamaño y el número de piedras que se necesitan; si queremos ir a la Luna, cuánto combustible nos es necesario. Por ello necesitamos contar, sumar, multiplicar, etc Si decimos que la Luna y la Tierra se atraen, no basta decir mucho o poco. Enseguida se nos plantea la pregunta concreta. Pero ¿el mundo cuantitativo viene después del cualitativo?. Las observaciones importantes no requieren números. La primera ley de Mendel dice que la primera generación (la de los híbridos) es de individuos iguales. Newton explica que cuando no hay fuerza no hay aceleración y lo más importante del electromagnetismo es saber que cuando se mueve una carga aparece un campo magnético y cuando cambia uno magnético aparece uno eléctrico ¿serán la misma cosa?. El átomo más sencillo, el de hidrógeno-1, está formado por un solo protón con un electrón que gira entorno suyo. Así pues lo primero es el conocimiento cualitativo, lo que se hace a través de conceptos (mayor, menor, nada, todo, etc) Pero inexorablemente después viene la maldita pregunta concreta y para eso hay que estar preparados, hay que aprender matemáticas.

"Sólo sé mover las piezas" Esta suele ser la contestación más humilde a la pregunta ¿sabes jugar al ajedrez?. Otros más lanzados dirán que son principiantes en ese arte o que son buenos jugadores. Incluso hay profesionales que viven de ello. Pero todos los que sabemos mover las piezas podemos entender una partida entre maestros. Los que más saben podrán incluso predecir los movimientos de los jugadores antes de realizarse o incluso adivinar el resultado de la partida. Pero todos decimos que entendemos las jugadas. A esta forma de conocer se refiere EINSTEIN cuando dice que

el mundo se entiende. Sabiendo las reglas, (las leyes) se pueden entender los fenómenos naturales. Incluso antes de comprender esas leyes podemos observar algunas regularidades o principios de conservación; como que los alfiles no cambian el color del cuadro en el que están. Esta es la forma en que EINSTEIN dice que la Naturaleza se entiende. Por eso nosotros creemos que los profesores de Infantil y Primaria deberían conocer esas leyes que permiten, si no ser un maestro del ajedrez, entender las jugadas y saber cuáles son posibles y cuándo se hace trampa.

6.- La historia de la ciencia

Antes de terminar con estos comentarios sobre nuestra propuesta de acercar los mundos de la enseñanza de las primeras etapas y de la investigación, quisiéramos dedicar un párrafo a deshacer el malentendido referido a la división entre ciencia y humanidades. Esta clasificación de la cultura, motivada por consideraciones económicas y psicológicas no puede ya mantenerse, y conduce a la confusión sobre la naturaleza de la realidad. Para ver que la separación entre ciencias y letras es como la de separar el agua de los peces, solo citaremos algún ejemplo. La esclavitud sólo se consiguió abolir cuando se dispuso de una fuerza de trabajo superior y más barata: la máquina de vapor inventada por WATT. América se descubrió cuando los conocimientos astronómicos e instrumentales -determinación de coordenadas y rumbo (brújula)- avanzaron lo suficiente para establecer una ruta fija; y la determinación de la longitud geográfica se debió a la paciencia de un gran relojero, HARRISON.

El modo de vida actual está basado en las comunicaciones por fibra óptica y radio, que requieren tratamientos informáticos muy complicados. El teléfono celular, cuyo uso se ha extendido incluso a los adolescentes, necesita de potentes ordenadores que "sepan" dónde se encuentra en cada momento el teléfono del usuario, al alcance de cualquiera de las innumerables antenas que hay en Europa. Y los teléfonos, los ordenadores, los televisores, etc, se basan en el circuito integrado, que a su vez se funda en el transistor cuyo funcionamiento está regido por las leyes de la Mecánica Cuántica. Un satélite de comunicaciones no podría existir con la tecnología de válvulas de la generación anterior al transistor.

Si queremos ir a las raíces de nuestra civilización, la Grecia Clásica, veremos que fueron los griegos quienes midieron el radio de la Tierra, determinaron los tamaños relativos de la Luna y del Sol. Miraban al cielo tanto para contemplar su belleza como para estudiar su comportamiento. Arquímedes era griego y griegos fueron los primeros matemáticos, como THALES o PITÁGORAS, que hacían filosofía en las mismas academias que hacían ciencia, porque ellos nunca las vieron como cosas distintas.

En nuestro momento histórico entre los profesionales de la investigación no existe esa distinción. Los historiadores conocen, emplean e incluso desarrollan métodos de datación como el carbono 14, o la fototermoluminiscencia, igual que algunos físicos o economistas, como KEYNES, se ocupan de la historia de la Ciencia.

Es éste un malentendido, un vicio de nuestra historia, que desaparecerá con la colaboración entre los mundos de la investigación y de la enseñanza, especialmente, de las primeras etapas.

En resumen, el proceso de aprender, ya sea por medio de la enseñanza o de la investigación, es posible gracias, entre otras, a las siguientes características:

..."griegos fueron los primeros matemáticos,(...), que hacían filosofía en las mismas academias que hacían ciencia, porque ellos nunca las vieron como cosas distintas".

1. El ser humano está naturalmente inclinado a saber, como dijo Aristóteles.
2. Todos nacemos aceptando el principio de causalidad y por ello preguntamos el "por qué" de las cosas (Pilar Magro, "El Camino de la Pregunta")
3. El mundo es comprensible en términos de la razón humana (Averroes, Einstein).
4. El hombre aprende con suma facilidad desde el lenguaje hasta los principios de la Mecánica Cuántica, desde cómo hacer un barco de papel a construir aviones o centrales nucleares, (Huxley)

Bibliografía

- AL-KHALILI, J. (2000). *"Black holes, wormholes and time machines"*. Institute of Physics Publishing
- ASIMOV, Isaac (1977) *"Los números y su historia"*. E. Ateneo.
- GAMOW, George (1993). *"Mr. Tompkins in paperback"*. Cambridge University Press.
- GRIBBIN Jhon (1999). *"Guide to science"*. Phoenix.
- TREIMAN, Sam (1997). *"The odd quantum"*. Princeton University Press, 1.997.
- MAGRO, Pilar y TIEMBLO, Alfredo. (1989). *El camino de la pregunta*. Ed. Innova.
- FEYNMAN, PENGUIN. (1992). *The character of Physical law*. London.
- EDDINGTON, A. (1935). *The Nature of the Physical world*, Folcroft.
- PENROSE, R. (1999). *Lo grande, lo pequeño y la mente humana* Cambridge University Press. Madrid.
- *"El paso de los milenios"* ASIMOV, Isaac y WHITE, Frank. Ediciones B. Madrid, 1.992.
- *"The principle of relativity"*. EINSTEIN A.; LORENTZ H. D.; WHEIL H y MINKOWSKY H. Dover, 1.923.
- *"Antología del disparate"*. DÍAZ JIMÉNEZ, Luis. Studium Ediciones. Madrid, 1.976