

Propuesta para poder conseguir un beneficio recíproco entre el estudio de los errores conceptuales y la historia de la ciencia y la tecnología

**Latorre Latorre, A.
Sanfélix Yuste, F.**

*Departamento de Psicología
Evolutiva y de la Educación
Universitat de València*

Resumen

El objetivo de nuestra investigación consiste en conseguir un beneficio recíproco entre el estudio de los Errores Conceptuales y el estudio de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, para lo cual presentamos una Propuesta que incluye, en primer lugar, una metodología para poder detectar y analizar los errores conceptuales y lagunas, en segundo lugar, un Estudio sobre la Historia de la Ciencia y la Tecnología, y finalmente incluye una Prospectiva de Intervención basada en los resultados obtenidos en nuestra investigación, realizada para los niveles educativos de los estudiantes que han participado en la investigación: Secundaria y Universidad. Los resultados sugieren que a través de nuestra

Propuesta hemos podido conseguir un beneficio mutuo entre los errores conceptuales y la Historia de la Ciencia y la Tecnología.

Palabras clave: Errores Conceptuales, Historia de Ciencia y Tecnología.

Abstract

The aim of our research is to obtain a reciprocal benefit in the study of misconceptions and the Science and Technology History. The sample is composed by High School and University students. We introduce a Proposal which includes, firstly, a methodology to detect and analyze misconceptions and knowledge gaps, secondly, a Science and Technology History study and,

finally, recommendations based on outcomes of our research. These outcomes show that, through our Proposal, we have obtained a reciprocal benefit in the study of misconceptions and Science and Technology History.

Key words: Misconceptions, Science and Technology History.

1. Semejanzas entre las ideas históricas y los errores conceptuales de los estudiantes en ciencias.

Una de las características propias de los errores conceptuales apuntada por varios autores es su “Caracter Histórico” (Saltiel y Viennot, 1985; Pozo, 1987; De Posada, 1993; Vázquez Alonso, 1994). Con esta expresión queremos apuntar el hecho de que existe un cierto paralelismo entre errores conceptuales o “misconceptions” detectados en varios estudiantes de nuestro tiempo, y algunas ideas o concepciones compartidas por la comunidad científica en alguna etapa histórica e incluso a lo largo de varios siglos, y que posteriormente se ha demostrado que estas ideas o concepciones universalmente aceptadas eran erróneas. Este paralelismo ha sido estudiado principalmente referido a la Historia de la Ciencia, principalmente en la Física, y en menor medida en la Química, y así se identifican ciertos errores conceptuales de los estudiantes con ciertas etapas o paradigmas de la Historia de la Ciencia, tales como “Pre-

Clásico/a”; “Aristotélico/a”; “Pre-Galileano/a”, “Pre-Newtoniano/a”.

Dentro de los estudios sobre la Física, un paradigma o teorías que han sido identificados por varios autores como bastante semejante al razonamiento espontáneo de los estudiantes, son las llamadas “Teorías de Ímpetus”, las cuales datan del siglo VI y posteriormente fueron desarrolladas principalmente sobre el siglo XIV. El principal punto en común entre la teoría del ímpetu y el razonamiento espontáneo de los estudiantes es el hecho de que el movimiento implica una causa y, cuando es necesario, esta causa puede ser localizada dentro del cuerpo que se mueve. Esto significa que adscriben la causa dinámica del movimiento al móvil mismo (Saltiel y Viennot, 1985).

En un estudio sobre Química (De Posada, 1993) se llegó a la conclusión de que los estudiantes deben superar obstáculos epistemológicos para adquirir la concepción atómica de la materia, ya que en la Historia de la Química ocurrió algo similar a lo encontrado en los alumnos. Uno de los autores pioneros en señalar la existencia de este paralelismo epistemológico fue J. Piaget. Así en su trabajo realizado junto con R. García (Piaget y García, 1982) identifican unos mecanismos comunes en el desarrollo de las teorías causales, tanto en la psicogénesis como en la historia de la ciencia. Esto supone, por tanto, el establecimiento de un paralelismo entre la ontogénesis y filogénesis (Gil y Carrascosa, 1990).

Para Pozo (1987), el hecho de que una misma teoría errónea, como es el caso de la “teoría del ímpetu” referida, como veíamos al movimiento y a la causa que lo produce, aparezca en contextos culturales tan distintos y tan separados en el tiempo, nos indica que esta teoría tiene un origen en la propia percepción del movimiento la cual es común a todos los seres humanos; y esta percepción tiene unas restricciones que producen determinadas constancias en la realidad. Esto supone que nuestras características biológicas como seres humanos nos condicionan de forma tal que nos predisponen a tener una percepción del mundo similar a la que tenían las llamadas “teorías mecánicas Pre-Newtonianas”, ya que estas características del cerebro humano al procesar información hacen que la mecánica newtoniana sea contraria a nuestro conocimiento intuitivo. Por lo tanto, el orden de presentación de los contenidos debe ser compatible con los procesos psicológicos del aprendizaje (Gómez, Latorre y Sanjosé, 1993). Estos autores plantean un diseño instruccional ausubeliano que cumple este requisito y llegan a la conclusión de que facilita la asimilación de los conocimientos, lo cual debe producir un aumento en la motivación de los estudiantes.

Este paralelismo existente entre los errores conceptuales de los aprendices de hoy día y los encontrados a lo largo de la Historia de la Ciencia, tiene unas limitaciones, es decir, no podemos afir-

mar que sean totalmente equivalentes, ya que “los contextos culturales son diferentes y no todas las características observadas en el razonamiento espontáneo en la actualidad se han dado en alguna etapa del desarrollo histórico de la Ciencia”. (Saltiel y Viennot, 1985, págs. 143 y 144). Pese a estas limitaciones y siguiendo con los mismos autores, suscribimos su opinión sobre el beneficio recíproco que puede aportar la consideración de este paralelismo: por una parte un beneficio en el hecho de utilizar los estudios acerca de los errores conceptuales de los alumnos para que nuestros estudiantes se familiaricen con la Historia de la Ciencia; y por otra parte, un beneficio en el hecho de utilizar el estudio de la Historia de la Ciencia para obtener una mayor información sobre los errores conceptuales de los estudiantes. Partiendo de la viabilidad de este beneficio recíproco hemos elaborado una Propuesta para poder conseguirlo.

2. Metodología

Para poder conseguir este beneficio recíproco debemos estudiar los dos aspectos que intentamos que se beneficien mutuamente, es decir, los errores conceptuales que tienen los estudiantes, y la Historia de la Ciencia y la Tecnología. Primero veremos la metodología utilizada en el estudio de los errores conceptuales que tienen los estudiantes y después la metodología

utilizada en el estudio de la Historia de la Ciencia y la Tecnología.

2.1. Estudio de los errores conceptuales de los estudiantes.

Para poder estudiar los errores conceptuales que tienen los estudiantes el primer paso es obligatoriamente detectar estos errores conceptuales o "misconceptions". Para ello hemos utilizado la Prueba de Conocimientos Alfa/Cien 1 y la Propuesta Metodológica de Clasificación de las Cuestiones en función de sus Patrones de Respuesta.

2.1.1. Prueba de conocimientos Alfa/Cien 1.

La prueba de conocimientos Alfa/Cien 1 consta de dos formas paralelas: Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B. Cada una de estas dos formas está formada por 55 items o cuestiones de 5 alternativas de respuesta, distribuidos en 3 Bloques formados por 3 Apartados cada uno de ellos. El Bloque 1: GENERAL, está formado por los Apartados: 1.1. Premios Nobel; 1.2. Pensamiento; y 1.3. Exploraciones y Descubrimientos del Pasado. El Bloque 2: TECNOLOGÍA, consta de los siguientes Apartados: 2.1. Obras Civiles de Ingeniería; 2.2. Locomoción; y 2.3. Tecnología de la Vida Diaria. Y el Bloque 3: CIENCIAS, está formado por los Apartados: 3.1. Ciencias de la Vida; 3.2. Ciencias de la Materia-Energía y la Matemática; y 3.3. Unidades y Esca-

las de Medida Científica. Todos ellos son indicadores de Alfabetización Científico-Tecnológica de un aspecto concreto dentro de los conocimientos declarativos relacionado principalmente con los que Hodson y Reid (1988) llaman: "Historia y Evolución de la Ciencia y de la Tecnología" (Sanfélix, 1995a).

2.1.2. Propuesta metodológica de clasificación de las cuestiones en función de sus patrones de respuesta.

La Propuesta Metodológica de Clasificación de las Cuestiones en función de sus Patrones de Respuesta considera cuatro grandes tipos de respuestas: Óptimas, Errores Conceptuales o "Misconceptions", Lagunas, y Mezclas de Errores Conceptuales y Lagunas. A su vez, estos cuatro grandes tipos se dividen en distintos tipos o patrones de respuesta más concretos (Sanfélix, 1995b). Vamos a ver de forma sucinta en qué consiste cada uno de estos cuatro grandes tipos o patrones de respuesta:

A) Óptimas: Son cuestiones cuya respuesta más elegida es la alternativa correcta, la cual es significativamente superior a las demás alternativas, y además hay pocos sujetos que la hayan dejado en blanco. Se considera un único tipo de Cuestiones Óptimas.

B) Errores Conceptuales ("Misconceptions"): Se refieren a cuestiones cuya alternativa más elegida no es la alternativa correcta, y además hay

pocos sujetos que la hayan dejado en blanco. Son cuestiones en las que los sujetos están convencidos de conocer la respuesta correcta pero, en cambio, la respuesta que ellos consideran como correcta no lo es. Se considera tres tipos de Errores Conceptuales o “Misconceptions”, de los cuales el llamado “Misconception Tipo I” es considerado como el “Error Conceptual más Puro”.

C) Lagunas: Son cuestiones en las cuales existe un gran desconocimiento por parte de la mayoría de la población, lo cual podemos detectarlo a través del gran número de sujetos que no responden a estas cuestiones o, en caso de responder, muchos de ellos lo hacen al azar. Se considera la existencia de seis tipos de Lagunas, de entre los cuales destacan los Tipos I, II y III por ser

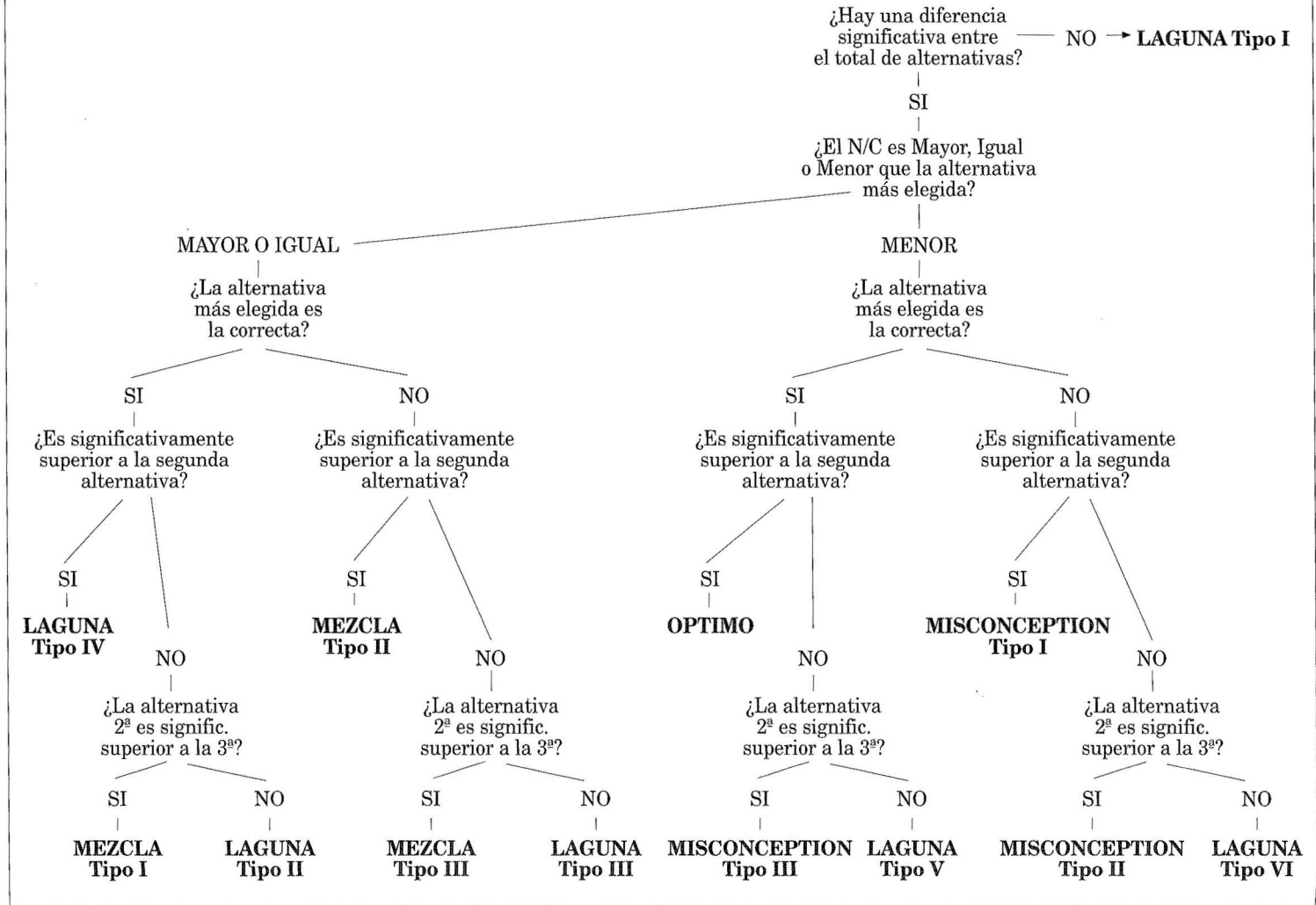
consideradas como las “Lagunas más Puras”; y el Tipo VI que indica que en esa cuestión hay muchos sujetos que la han contestado sin tener conocimiento alguno de cuál es la respuesta correcta, por lo que la han respondido al azar.

D) Mezclas de errores conceptuales y lagunas: Son cuestiones que tienen a la vez características de error conceptual y de laguna. Se considera la existencia de tres Tipos de Mezclas, y en todos ellos el porcentaje de No Sabe/No contesta (N/C) es siempre mayor o igual al de la alternativa más elegida. Todos estos tipos de patrones de respuesta y los criterios utilizados para cada uno de ellos los podemos ver con más detalle en el diagrama de flujo del Gráfico 1 y en la tabla 1.

Tabla 1: Tipología de las respuestas y su concepto básico.

TIPOLOGÍA	CONCEPTO BÁSICO
ÓPTIMAS	N/C < 1ª Alternativa (Correcta) superior a 2ª Alt. (ÚNICO TIPO)
MISCONCEPT.	En todas: el No/Contesta (N/C) < 1ª Alternativa
Misconc. Tipo I	1ª Alt. (Incorrecta) es superior a 2ª Alt. (MISCONC. MÁS PURA)
Misconc. Tipo II	1ª Alt. (Incorrecta) no superior a 2ª Alt., y 2ª Alt. superior a 3ª Alt.
Misconc. Tipo III	1ª Alternativa (Correcta) no superior 2ª Alt., y 2ª Alt superior 3ª.
LAGUNAS	INDICA UN TOTAL DESCONOCIMIENTO SOBRE LA CUESTIÓN
Laguna Tipo I	No hay diferencias entre las alternativas (RESPUESTA AL AZAR)
Laguna Tipo II	N/C ≥ 1ª Alt.(Correcta) no superior ni a 2ª ni a 3ª Alt.
Laguna Tipo III	N/C ≥ 1ª Alt.(Incorrecta) no superior ni a 2ª ni a 3ª Alt.
Laguna Tipo IV	N/C ≥ 1ª Alt.(Correcta) superior a 2ª Alt.
Laguna Tipo V	N/C < 1ª Alt. (Correcta) no superior ni a 2ª ni a 3ª Alt.
Laguna Tipo VI	N/C < 1ª Alt.(Incorrecta) no superior ni a 2ª ni a 3ª (RESP. AZAR)
MEZCLAS	En todas: N/C ≥ 1ª Alternativa
Mezcla Tipo I	1ª Alt. (Correcta) no superior a 2ª Alt., y 2ª Alt superior a 3ª Alt.
Mezcla Tipo II	1ª Alt. (Incorrecta) superior a 2ª Alt.
Mezcla Tipo III	1ª Alt. (Incorrecta) no superior a 2ª Alt., y 2ª Alt superior a 3ª Alt.

Gráfico 1: Diagrama de flujo de las Misconceptions, Lagunas y Mezclas de la Propuesta Metodológica.



La estimación de los conocimientos que los estudiantes tienen sobre el aspecto indicado de Ciencia y Tecnología la realizamos a través de la Prueba de Conocimientos Alfa/Cien 1; el intento de detectar errores conceptuales y lagunas lo realizamos a través de la Propuesta Metodológica presentada; y el procedimiento utilizado para realizar el análisis de las respuestas a los items para poder determinar a qué tipo de patrón de respuesta de la Propuesta Metodológica pertenece cada una de las cuestiones o items de la Prueba de Conocimientos Alfa/Cien 1, está compuesto por los siguientes Análisis Estadísticos, que forman parte de la misma Propuesta Metodológica. Para realizar este análisis hemos utilizado la Prueba de Chi cuadrado y su aplicación para comprobar la Hipótesis Nula (Garrett, 1968; Ferguson, 1986). La prueba Chi cuadrado puede utilizarse para comparar resultados obtenidos experimentalmente con los resultados que son de esperar teóricamente. En este caso la hemos utilizado para comprobar si existía una diferencia significativa entre las frecuencias observadas en cada una de las cinco alternativas de respuesta de cada uno de los items de Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B. Esto se realiza comparando la divergencia de los resultados observados en cada alternativa con los resultados esperados según la hipótesis de igual probabilidad o Hipótesis Nula. En todos los casos hemos tomado como significativo un valor de P igual o menor que .05 (5

%). Las tablas de frecuencias y los análisis estadísticos han sido realizados a través del Sistema BARBRO y del Programa StatView 512+.

2.2. Estudio de la historia de la ciencia y la tecnología

La aproximación a la Historia de la Ciencia y la Tecnología la hemos realizado tomando como referencia las cuestiones que componen la Prueba de Conocimientos Alfa/Cien 1, que es, como ya hemos visto, la que hemos utilizado en nuestra investigación. Este estudio consta de una descripción de los Bloques, Apartados e Items que componen las dos formas paralelas: Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B. Además se incluye una información complementaria sobre las 110 cuestiones o items a los que hacen referencia. A través de esta aproximación, el estudiante una vez ha cumplimentado la prueba de conocimientos puede saber qué cuestiones ha respondido de forma correcta e incorrecta y, por supuesto, debe tener también en cuenta las cuestiones que ha dejado en blanco, para así poder ampliar, rectificar o adquirir por primera vez, según sea el caso, el conocimiento sobre estas cuestiones.

No ofrecemos aquí todo este documento pues es muy extenso y está incluido en su totalidad en Sanfélix (1995 b); no obstante para tener una idea aproximada ofrecemos una breve explicación de cada uno de los Bloques y

Apartados de que consta la Prueba de Conocimientos Alfa/Cien 1, que ya fueron enumerados anteriormente.

Bloque 1: GENERAL.

Como su nombre indica, hace referencia a aspectos de la Cultura General que no son exclusivos de la Ciencia y la Tecnología. Está compuesto por los tres apartados siguientes:

1.1. Premios Nobel.

De los tres apartados que componen este primer bloque, este es el que más referencia hace al mundo de la Ciencia, ya que todos los autores incluidos en él recibieron el citado galardón dentro de las disciplinas de Medicina, Física o Química.

1.2. Pensamiento.

Este apartado tiene que ver con aportaciones relacionadas con el mundo de las Ideas. Hace referencia a la Filosofía, la Psicología, la Economía, la Política, las cuales han sido muchas veces el fundamento de las Ciencias de la Vida, de la Materia-Energía y de la Matemática. Disciplinas tales como la Filosofía de la Ciencia juegan en la actualidad un papel muy importante dentro de todas las Ciencias.

1.3. Exploraciones y Descubrimientos del Pasado.

Incluye elementos que hacen referencia a exploraciones y grandes viajes que hicieron posible el descubrimiento de nuevos continentes, de zonas no pisadas nunca por el ser humano

civilizado o de elementos creados o construidos por antiguas civilizaciones.

Bloque 2: TECNOLOGÍA.

Hace referencia a construcciones de ingeniería, inventos, artilugios, aparatos, artefactos que forman parte de nuestra vida cotidiana de forma tal que si de repente desaparecieran tendríamos que modificar enormemente nuestra forma de pensar y de actuar. Los tres apartados que forman este bloque son los siguientes:

2.1. Obras Civiles de Ingeniería.

Se refiere a construcciones de ingeniería, arquitectónicas, las cuales, además de ser la mayoría de ellas auténticas obras de arte, tienen una utilidad práctica que beneficia a las personas que habitan o visitan el lugar y las inmediaciones en donde están situadas.

2.2. Locomoción.

La mayoría de las cuestiones hacen referencia a medios de transporte que utilizamos a diario como son el automóvil, el ferrocarril, el avión. Otras cuestiones están relacionadas con grandes hazañas logradas a través de la utilización de medios de transporte o locomoción como fueron el orbitar alrededor de la Tierra o la primera vez que un ser humano pisó la Luna.

2.3. Tecnología de la Vida Diaria.

Incluye cuestiones relacionadas con nuestra vida cotidiana, con nuestra vida diaria. En este caso concreto se

agrupan una serie de cuestiones que podríamos llamar “Inventos”, los cuales no pertenecen a un dominio concreto como las cuestiones de los dos primeros apartados de Tecnología, sino que hacen referencia a aparatos y artificios de todo tipo que utilizamos a diario, y que algunos de ellos han permitido la creación de los más poderosos medios de comunicación que tenemos en la actualidad, como son la imprenta, la radio, el cinematógrafo, el teléfono.

Bloque 3: CIENCIAS.

De los tres bloques de que consta nuestra prueba, este es el que contiene un número mayor de cuestiones cuyo conocimiento es más probable que haya sido adquirido en una situación educativa formal. Esta integrado por tres apartados, los cuales hacen referencia a cuestiones de la Ciencia, concretamente relacionadas con disciplinas tales como la Biología, Medicina, Física, Química, Geología, Matemática. Estos tres apartados son los siguientes:

3.1. Ciencias de la Vida.

Cuyas cuestiones hacen referencia a disciplinas tales como la Medicina o la Biología, como son el descubrimiento de ciertas vacunas o remedios para contrarrestar enfermedades terribles como la rabia, la viruela, la tuberculosis. También incluye cuestiones relacionadas con la Genética (A.D.N., Leyes de la Genética), y el descubrimiento de una sustancia muy beneficiosa para la humanidad como la penicilina.

3.2. Ciencias de la Materia-Energía y la Matemática.

Se trata de las aportaciones científicas de ciertos autores sobre ciertas Teorías, Leyes, Conceptos, que son relevantes en el mundo científico dentro de disciplinas tales como la Física, Química, Geología, Matemática.

3.3. Unidades y Escalas de Medida Científica.

Está formado por cuestiones que hacen referencia a unidades de medida o a escalas relacionadas con las cinco categorías siguientes: 1) Calor, 2) Dinámica, 3) Electricidad, 4) Geología, y 5) Química. Este apartado es de toda la prueba el que más hace referencia a conocimientos declarativos conceptuales adquiridos principalmente en una situación educativa formal de Ciencias.

2.3. Sujetos participantes en la investigación.

En nuestra investigación han participado estudiantes de Secundaria (3º BUP y COU) y Universitarios que cursan sus estudios en la Comunidad Valenciana. Los estudiantes que cumplieron la prueba de conocimientos en su forma Alfa/Cien 1A fueron 133 de Secundaria y 172 Universitarios. La forma Alfa/Cien 1B fue cumplimentada por 95 estudiantes de Secundaria y 112 Universitarios. Hemos de indicar que cada estudiante cumplimentó o la forma Alfa/Cien 1A o la forma Alfa/Cien 1B, pero en ningún caso ambas.

3. Objetivo de la investigación

El objetivo de nuestra investigación consiste en comprobar la hipótesis que afirma que es factible conseguir un beneficio recíproco entre el estudio de los errores conceptuales y lagunas que tienen los estudiantes de Secundaria y Universitarios y el estudio de la Historia de la Ciencia y la Tecnología.

Para poder conseguir este objetivo debemos, en primer lugar detectar estos errores conceptuales y lagunas; y en caso de detectarlos debemos realizar un análisis tanto cuantitativo como cualitativo de los mismos y, finalmente, realizar una Prospectiva de Intervención que permita este beneficio recíproco, la cual debe estar basada en los resultados obtenidos en la investigación. Todo esto pasamos a exponerlo a continuación.

4. Resultados

Los análisis han sido realizados tomando tres tipos de criterio: 1) Global: Hace referencia a los resultados obtenidos considerando todos los sujetos de forma global, es decir sin tener en cuenta si son de Secundaria o Universitarios, aunque estos análisis han sido siempre hechos por separado para Alfa/Cien 1A y para Alfa/Cien 1B; 2) Secundaria: Incluye sólo los estudiantes de Secundaria, para cada una de las dos formas de la prueba de conocimientos cumplimentada; y 3) Universidad: Se refiere sólo a los estudiantes Universitarios, como siempre por separado para cada una de las dos formas de la prueba. Los items o cuestiones en los que ha sido detectado un patrón de respuesta No-óptimo son los que se incluyen en la tabla 2 para Alfa/ Cien 1A, y en la tabla 3 para Alfa/Cien 1B.

Tabla 2: Items de Alfa/Cien 1A incluidos en las Categorías de Misconceptions, Lagunas y Mezclas.

ITEM Nº	GLOBAL	SECUNDARIA	UNIVERSIDAD
3	LAGUNA Tipo III	LAGUNA Tipo I	LAGUNA Tipo III
4	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I
5	LAGUNA Tipo IV	LAGUNA Tipo II	LAGUNA Tipo IV
8	OPTIMO	MISCONCEPT. Tipo III	OPTIMO
9	MISCONCEPT. Tipo II	MISCONCEPT. Tipo II	MISCONCEPT. Tipo III
14	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I
19	OPTIMO	MISCONCEPT. Tipo III	OPTIMO
20	OPTIMO	MISCONCEPT. Tipo II	OPTIMO
21	MISCONCEPT. Tipo II	MISCONCEPT. Tipo II	MISCONCEPT. Tipo III
25	OPTIMO	MISCONCEPT. Tipo I	OPTIMO
26	LAGUNA Tipo IV	LAGUNA Tipo III	LAGUNA Tipo IV
29	LAGUNA Tipo II	LAGUNA Tipo II	LAGUNA Tipo II
30	MEZCLA Tipo II	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo III
33	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I
39	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo III	MISCONCEPT. Tipo I
41	OPTIMO	LAGUNA Tipo VI	OPTIMO
44	LAGUNA Tipo IV	OPTIMO	LAGUNA Tipo I

Tabla 3: Items de Alfa/Cien 1B incluidos en las Categorías de Misconceptions, Lagunas y Mezclas.

ITEM Nº	GLOBAL	SECUNDARIA	UNIVERSIDAD
5	MISCONCEPT. Tipo III	MISCONCEPT. Tipo II	OPTIMO
11	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I
12	OPTIMO	OPTIMO	MISCONCEPT. Tipo III
14	OPTIMO	LAGUNA Tipo I	OPTIMO
15	OPTIMO	OPTIMO	LAGUNA Tipo II
16	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo V
17	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	LAGUNA Tipo III
19	MISCONCEPT. Tipo III	LAGUNA Tipo VI	MISCONCEPT. Tipo III
20	OPTIMO	OPTIMO	LAGUNA Tipo VI
21	OPTIMO	LAGUNA Tipo V	OPTIMO
22	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I
24	OPTIMO	MISCONCEPT. Tipo III	OPTIMO
28	LAGUNA Tipo III	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo II
32	MISCONCEPT. Tipo I	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo III
35	LAGUNA Tipo III	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo I
36	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I
37	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	OPTIMO
39	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo II
42	MEZCLA Tipo II	LAGUNA Tipo VI	LAGUNA Tipo III
44	OPTIMO	LAGUNA Tipo VI	OPTIMO
45	MISCONCEPT. Tipo II	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo II
55	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I	MISCONCEPT. Tipo I

Como podemos comprobar, según el tipo de criterio tomado, un mismo ítem o cuestión puede ser considerado como óptimo o no-óptimo, y dentro de estos últimos, puede hacer referencia a un tipo de patrón de respuesta o a otro distinto. La tabla 4 nos ofrece las frecuencias de misconceptions, lagunas y mezclas y sus respectivos tipos de la tabla 2, referidas a la forma Alfa/Cien 1A; y la tabla 5 nos ofrece la misma información pero de la tabla 3, que hacen referencia a Alfa/Cien 1B.

5. *Discusión.*

Al indicar cuál es el objetivo de nuestra investigación, vimos como el primer

paso para conseguirlo es detectar los errores conceptuales y lagunas, y los resultados obtenidos indican que han sido detectados "Misconceptions", "Lagunas" o "Mezclas" en, aproximadamente, un tercio de las cuestiones o ítems presentados. (En la forma 1A: 17 ítems (30.9 %); en la forma 1B: 22 ítems (40.0 %) y considerando las dos formas conjuntamente: 39 ítems (35.5 %).

En lo relativo al segundo paso consistente en el análisis cuantitativo y cualitativo de los errores conceptuales y lagunas encontrados, consideramos que han sido detectados de forma diferencial en estudiantes de Secundaria y en estudiantes Universitarios, habiendo respondido los estudiantes de Se-

Tabla 4: Recuento de los diferentes tipos de Misconceptions, Lagunas y Mezclas de los ítems de Alfa/Cien 1A.

PATRÓN DE RESPUESTA	GLOBAL	SECUNDARIA	UNIVERSIDAD
MISCONC. Tipo I	4	4	4
MISCONC. Tipo II	2	3	0
MISCONC. Tipo III	0	3	2
LAGUNA Tipo I	0	1	1
LAGUNA Tipo II	1	2	1
LAGUNA Tipo III	1	1	2
LAGUNA Tipo IV	3	0	2
LAGUNA Tipo V	0	0	0
LAGUNA Tipo VI	0	2	0
MEZCLA Tipo I	0	0	0
MEZCLA Tipo II	1	0	0
MEZCLA Tipo III	0	0	0
SUMATORIO	12	16	12

Tabla 5: Recuento de los diferentes tipos de Misconceptions, Lagunas y Mezclas de los ítems de Alfa/Cien 1B.

PATRÓN DE RESPUESTA	GLOBAL	SECUNDARIA	UNIVERSIDAD
MISCONC. Tipo I	8	8	4
MISCONC. Tipo II	1	1	2
MISCONC. Tipo III	2	1	2
LAGUNA Tipo I	0	1	1
LAGUNA Tipo II	0	0	2
LAGUNA Tipo III	2	0	3
LAGUNA Tipo IV	0	0	0
LAGUNA Tipo V	0	1	2
LAGUNA Tipo VI	1	7	0
MEZCLA Tipo I	0	0	0
MEZCLA Tipo II	1	0	0
MEZCLA Tipo III	0	0	0
SUMATORIO	15	19	16

cundaria más ítems de forma no-óptima que los estudiantes Universitarios. (En la forma 1A: Secundaria = 16 ítems y Universitarios = 12 ítems; y en la forma 1B: Secundaria = 19 ítems y Universitarios = 16 ítems).

Han sido detectadas más “Misconceptions” que Lagunas y que Mezclas, siendo el patrón de respuesta no-ópti-

ma más abundante la “Misconception Tipo I” que es la que se considera como la “Misconception más pura”.

Un patrón de respuesta erróneo que se da en varios ítems consiste en considerar que un autor que es famoso por un descubrimiento, invento o investigación en un tema concreto, es el único que ha investigado o que ha obtenido

hallazgos importantes en ese tema, siendo también, en muchas ocasiones, el único que los sujetos conocen relacionado con ese tema. Esto sucede en los ítems de la forma 1A: N° 4 (M. Curie), N° 25 (Armstrong), N° 33 (Pasteur) y N° 39 (Einstein); y en los ítems de la forma 1B: N° 11 (Amundsen), N° 37 (Galileo) y N° 39 (Planck). Todos ellos han sido clasificados como “Misconceptions”, y además la mayoría de ellos como “Misconception Tipo I” lo que supone un apoyo experimental al hecho de considerar este tipo como la “Misconception más pura”. Estos ítems, con su respuesta correcta subrayada, están incluidos en el extracto de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1 que se ofrece en el Anexo.

El patrón de respuesta denominado “Laguna Tipo VI” se da exclusivamente en los estudiantes de Secundaria, lo que indica que ante una cuestión o ítem de reconocimiento con múltiples alternativas de respuesta, en el que el sujeto desconoce totalmente la respuesta correcta, los estudiantes de Secundaria son más dados a “arriesgarse”, es decir, a contestar al azar, que los estudiantes Universitarios, que cuando desconocen totalmente una cuestión tienden más a dejarla en blanco. Al respecto proponemos como posible explicación de este hecho la diferente experiencia que tienen los estudiantes de Secundaria y los Universitarios con respecto a este tipo de pruebas o exámenes.

El tercer y último paso propuesto para conseguir el objetivo de nuestra

investigación es la elaboración de una Prospectiva de Intervención basada en todos los resultados obtenidos, y que presentamos a continuación.

6. Prospectiva de intervención.

En esta prospectiva de intervención incluimos algunas prescripciones y propuestas que nos permitan optimizar el proceso de Enseñanza/Aprendizaje en la Educación Científico-Tecnológica. La iniciamos con las siguientes recomendaciones para los profesores:

- Que tengan en cuenta los errores conceptuales detectados para saber en qué cuestiones han de hacer un mayor hincapié, teniendo en cuenta también el nivel de Educación formal considerado.
- A nuestro criterio los resultados confirman la conveniencia de ser conscientes, no solo de los errores conceptuales o “misconceptions” de los estudiantes, sino también de sus “Lagunas”, sobre todo en cuestiones consideradas fundamentales o básicas.
- Estar sensibilizados sobre la tendencia que presentan los estudiantes a generalizar e identificar a una persona con todo lo relacionado con el tema de estudio o disciplina en que trabaja. Recordemos que casi todas estas cuestiones están incluidas dentro de las “Misconceptions Tipo I” que son consideradas como los errores conceptuales más puros.

—Deben tener también en cuenta la tendencia de los estudiantes de Secundaria a responder una cuestión de una prueba objetiva aunque la información que conocen sobre ella sea mínima, por lo que deberían enseñarles a realizar pruebas objetivas explicándoles la penalización de los errores para corregir el efecto del azar, antes de utilizar estas pruebas como instrumento de evaluación.

Proponemos una actividad que consista en la realización por parte de los estudiantes de un cómic o revista sobre la vida de los autores, que relate los acontecimientos principales de la misma, así como el proceso seguido hasta llegar a la consecución del descubrimiento o invención que les hizo célebres. Para realizar esta actividad ofrecemos a los estudiantes el documento elaborado con la información complementaria como parte del material didáctico, aunque pueden ampliar la información a través de la consulta de diferentes fuentes. Esta actividad puede realizarse perfectamente en equipo, lo que complementaría la actividad individual de consulta propuesta al presentar dicho documento. Las indicaciones dadas a los estudiantes, así como el documento con la información complementaria, deberán estar adaptados a la edad y características evolutivas de los estudiantes. El documento presentado en nuestra propuesta ha sido realizado para un nivel de Secundaria y Universidad. Esta actividad está pensada para

que pueda favorecer también la adquisición del tipo de conocimiento que se conoce como actitudinal, que la mayoría de las veces no es considerado como relevante a la hora de planificar una situación educativa. Nos referimos a las actitudes, sentimientos, emociones, valores y a todo lo que hace referencia los aspectos llamados “emocionales” de las personas, y que pueden influir en el grado de “interés” que el contenido suscita al aprendiz. Se pretende que los estudiantes sean conscientes de que el científico que están estudiando no es un ser abstracto, ni perfecto, ni un ser superior inexistente o de difícil acceso, sino que es un ser humano, un hombre o una mujer como él o como ella, que tiene virtudes y defectos, que piensa pero que también tiene sentimientos, y que su vida está llena de acontecimientos tanto favorables como desfavorables.

A guisa de ejemplo de lo expuesto anteriormente, tenemos el caso de *Marie Curie* que demostró poseer un gran espíritu altruista al conducir voluntariamente una ambulancia durante la Primera Guerra Mundial, o en cuanto a lo que al azar o la buena suerte se refiere (aunque habría mucho que discutir sobre el azar, ya que no todas las personas se saben aprovechar de la misma manera de esa suerte o ese azar) tenemos el caso de *Colón* que descubrió el Continente Americano, pero lo que él quería era llegar por otro camino más corto a las Indias descritas por Marco Polo, y esto fue así porque se basó en mapas que tenían cálculos

equivocados según los cuales las circunferencia de la Tierra era bastante más pequeña de lo que es realmente; otro caso de azar es de *Fleming* y su descubrimiento de la Penicilina. Dos casos anecdóticos son el de *Newton* y su manzana, muy conocido popularmente, y el de *Descartes* y el vuelo de la mosca. Un caso que muestra cómo la afición de una persona puede ser el motivo de que se convierta en mundialmente famosa, es el de *Hillary* y su afición al alpinismo. Estos solo son algunos ejemplos que ilustran lo apasionante y provechoso que puede resultar este tipo de enfoque didáctico, en el que se puede aprender a través de actividades lúdicas que sean gratificantes para el aprendiz, ya que es evidente que si lo que estudia le gusta, le atrae, lo más normal es que lo estudiará con un mayor agrado, lo realizará con una mayor facilidad y lo hará de forma más eficaz, quedando almacenado en la memoria a largo plazo de una manera más duradera y estable. Si unimos los adjetivos de “importante”, con “interesante” para el aprendiz, las posibilidades de almacenamiento y recuerdo se incrementan.

Consideramos que la prospectiva de intervención presentada puede contribuir a la consecución de un beneficio recíproco entre el estudio de los Errores Conceptuales y el estudio de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, con lo que habremos realizado un pequeño paso adelante en el intento de conseguir ese cambio conceptual y

metodológico necesario para afrontar de forma óptima los errores conceptuales y las lagunas de los ciudadanos en general.

7. Referencias bibliográficas.

- Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido, *Enseñanza de las Ciencias*, **Vol. 11**, n° 1, pp. 12-19.
- Ferguson, G.A., 1986. *Análisis estadístico en Educación y Psicología*. Ed. Anaya, Madrid.
- Garrett, H.E., 1968. *Estadística en Psicología y Educación*. Ed. Paidós, Buenos Aires.
- Gil, D. y Carrascosa, J., 1990. What to do about Science “Misconceptions”, *Science Education*, **Vol. 74**, n° 5, pp. 531-540.
- Gómez, S., Latorre, A. y Sanjosé, V., 1993. El modelo de Ausubel en la Didáctica de la Física: una aproximación experimental al proceso de E/A de contenidos que presentan constructos poco elaborados por los aprendices, *Enseñanza de las Ciencias*, **Vol. 11**, n° 3, pp. 235-246.
- Hodson, D. y Reid, D.J., 1988. Science for all-Motives, meanings and implications, *The School Science Review*, **Vol. 69**, n° 249, pp. 653-661.
- Piaget, J y García, R., 1982. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Ed. Siglo XXI, México.
- Pozo, J. I., 1987. *Aprendizaje de la*

ciencia y pensamiento causal. Ed. Aprendizaje-Visor, Madrid.

Saltiel, E. y Viennot, L., 1985. ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?, *Enseñanza de las Ciencias*, **Vol. 3**, n° 2, pp. 137-144.

Sanfélix, F., 1995a. *Alfabetización Científico-Tecnológica: Una aproximación a partir de conocimientos declarativos*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Psicología Evolutiva y de la

Educación. Universitat de València.

Sanfélix, F., 1995b. *Errores Conceptuales en la Educación Científico-Tecnológica: Un análisis experimental en Secundaria y Universidad*. Trabajo de Investigación. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Universitat de València.

Vázquez Alonso, A., 1994. El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores en ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, **Vol. 12**, n° 1, pp. 3-14.

ANEXO
Extracto de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1

Bloque 1: GENERAL

Apartado 1.1. Premios Nobel:

De las áreas de Física, Medicina y Química hemos seleccionado las aportaciones específicas o generales por las que recibieron determinados autores el Premio Nobel. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

4) Física: "Radiación del uranio".

- A) Becquerel B) M. Curie C) Meyer D) Dalton E) Rutherford

Apartado 1.2. Pensamiento

Cada enunciado presenta entrecomillada la aportación o síntesis de pensamiento que ha influido poderosamente en distintos ámbitos de la civilización actual y se plantean cinco nombres como primeros posibles autores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

9) "El método científico como forma de conocimiento de la realidad exterior".

- A) Bacon B) Moro C) Galileo D) Heidegger E) Russell

Apartado 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado:

Cada cuestión presenta un tipo de descubrimiento o exploración realizada por alguno de los personajes o nombres que se presentan. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al personaje.

ALFA/CIEN 1B

11) "El Polo Norte".

- A) Peary B) Cabral C) Amundsen D) Speke E) Cartier

Bloque 2. TECNOLOGÍA:

Apartado 2.1. Obras civiles de ingeniería:

Se presenta como cuestión una obra de ingeniería civil (presas, puentes, etc.) y se plantean cinco posibles soluciones. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1B

19) "1863: el primer ferrocarril subterráneo (Metro), lo tuvo la ciudad de:".

- A) París B) Londres C) New York D) Moscú E) Berlín

Apartado 2.2. Locomoción:

Cada enunciado presenta la primera aportación novedosa o invento del mundo de los medios de desplazamientos aéreos, espaciales, terrestres o marítimos, y se relacionan cinco posibles inventores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

- 25) “El primer humano que orbitó la Tierra fue: “.
A) Gagarin B) Armstrong C) Leonov D) Aldrin E) E. Ford

Apartado 2.3. Tecnología de la vida diaria:

Una serie de inventos que pasan a formar parte de la vida diaria se presentan como cuestión y sus posibles autores o descubridores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

- 30) “El primer ordenador de energía eléctrica”.
A) Texas Ins. B) Bush C) T. Quevedo D) Bull E) V. Braun

Bloque 3. CIENCIAS:

Apartado 3.1. Ciencias de la vida

Este apartado se refiere a cuestiones de Biología y Medicina. Se presentan determinadas aportaciones y sus posibles autores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

- 33) “La vacuna de la viruela”.
A) Avicena B) Golgi C) Pasteur D) Ramón y Cajal E) Jenner

Apartado 3.2. Ciencias de la materia-energía y la matemática:

Cada pregunta plantea aportaciones científicas en las áreas de Física, Geología, Química, Matemáticas, y sus correspondientes posibles autores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa el autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

- 39) “Leyes de Conservación de la Masa/Energía”.
A) Einstein B) Bohr C) Lavoisier D) Plank E) Meyer

ALFA/CIEN 1B

- 37) “Demostración empírica/experimental de la rotación de la Tierra”.
A) Foucault B) Galileo C) Laplace D) Torricelli E) Newton
39) “Cuantización atómica”.
A) Rutherford B) Bohr C) Lavoisier D) Plank E) Priestley

Apartado 3.3. Unidades y escalas de medida científica:

Presentando el nombre de una unidad o escala científica, y cinco posibles áreas de utilización o definición conceptual propia, se trata de identificar la opción de respuesta adecuada. Da tu respuesta redondeando la letra que representa la categoría conceptual adecuada. Nota aclaratoria de las categorías: A) CALOR, Calorimetría: Calor y Temperatura. B) DINAMICA: Fuerza, Trabajo, Velocidad y Presión. C) ELECTRICIDAD: Electricidad y Electromagnetismo. D) GEOLOGIA: Minerales y efectos terrestres. E) QUIMICA: Reacciones.

ALFA/CIEN 1B

- 55) “Vatio”.
A) Calor B) Dinámica C) Electricidad D) Geología E) Química