

Imagen de las Ciencias en los Trabajos de Laboratorio: una encuesta a estudiantes de la UCM.

Images of science linked to labwork: a survey of UCM students.

González García, Francisco & Jiménez Tejada, María del Pilar.

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada. España.

Palabras clave: Epistemología de la Ciencia y Trabajos Prácticos. Enseñanza de las Ciencias.

Key words: Nature of science and labwork. Science teaching.

1. Introducción

Las imágenes o representaciones que los estudiantes desarrollan del trabajo de los científicos están influenciadas, entre otros factores, por la forma de presentar la ciencia por sus profesores y en particular por sus actividades en el laboratorio. El trabajo de laboratorio desarrolla en los estudiantes, y también entre profesores y científicos, concepciones sobre el objetivo de las investigaciones, las relaciones entre los datos recogidos, el diseño experimental realizado, el análisis e interpretación de los datos y el conocimiento elaborado (Lederman, 1992; Driver et al., 1996).

Las implicaciones para la práctica educativa de estos hechos no están exentas de problemas y dilemas. En primer lugar se plantea el dilema de las cuestiones planteadas a los alumnos para conocer sus representaciones sobre el trabajo de laboratorio, cuestiones muchas veces descontextualizadas de tareas concretas, aspecto este contrario a diversas evidencias que muestran que el razonamiento de los estudiantes está íntimamente ligado al contexto de aprendizaje (Mortimer, 1995; Leach et al., 2000). En segundo lugar, y con más calado, se discute si es atribuible a cada alumno una posición concreta en las dimensiones clásicas del análisis de la naturaleza del conocimiento científico: la dimensión ontológica (relación entre el conocimiento científico y sus referentes externos del mundo) y la dimensión epistemológica (relación entre los datos empíricos y la teoría respecto al conocimiento científico). Estas dimensiones se utilizan para describir el aprendizaje conceptual (Vosniadou, 1994) pero también pueden ser útiles en el análisis del conocimiento implícito que deben movilizar los estudiantes durante su trabajo y actividades en el laboratorio.

En este trabajo analizamos estas dimensiones en estudiantes chilenos que responden a cuatro cuestiones que les llevan a movilizar sus concepciones sobre la naturaleza de la investigación científica, el análisis de los datos obtenidos en el laboratorio y la validez de los conocimientos que se elaboran a partir de los mismos.

De acuerdo con Koulaidis y Ogborn (1995), nuestra hipótesis de partida es que será factible encontrar un amplio espectro de posiciones entre los estudiantes y en un análisis de perfil cualitativo es factible hallar que las posiciones individuales no serán consistentes en todas las cuestiones realizadas.

2. Población estudiada, cuestionario y categorías de análisis

La población objeto de estudio (n=59) estaba formada por dos grupos: 39 estudiantes del curso preuniversitario (17 hombres y 22 mujeres) y 20 estudiantes de primer curso de Educación en Ciencias (12 hombres y 8 mujeres) ambos de la Universidad Católica del Maule. Para simplificar nos referiremos a ellos como grupo P y grupo C, respectivamente. Obviamente la población no es nacionalmente representativa pero no difiere de otras muestras elegidas en estudios de diferentes países europeos durante el proceso de diseño del cuestionario aplicado (Bandiera et al., 1998).

Los resultados se expresan en la mayor parte de los casos como porcentajes de cada grupo objeto del estudio, para hacer más fácil la comparación de resultados. En ocasiones el porcentaje se refiere al total de individuos o bien se comentan datos

individuales, indicándose en tal caso. Los comentarios literales recogidos de los cuestionarios individuales se presentan entrecomillados y en cursiva.

El cuestionario utilizado es la versión en castellano del cuestionario desarrollado para el proyecto europeo PL95-2005 (Labwork in Science Education) coordinado por la profesora Marie Genevieve Seré y en el que participaron Francia, Dinamarca, Alemania, Reino Unido, Grecia, Italia y España (existen siete versiones distintas que difieren no sólo en el idioma sino en las formas de presentación de algunas preguntas). El cuestionario utilizado en la UCM solo realizó pequeños cambios en el vocabulario respecto al utilizado en España (por ejemplo computador por ordenador). En el Anexo se presenta el texto de las cuatro preguntas utilizadas en este trabajo.

A pesar de la dificultad de describir en un texto corto las situaciones características de un trabajo experimental, se desarrollaron cuestiones que con contextos ciertamente simplificados, fueron aceptados por consenso (aunque en algunos casos hubo modificaciones por países). Las preguntas se identifican como: Teoría (3), Computadores (4), Almidón (2) y Aceites (1), entre paréntesis el orden de las preguntas en el cuestionario de los alumnos. Las cuestiones 1 y 2 se refieren a tareas concretas o contextualizadas, mientras que 3 y 4 son preguntas generales que no hacen referencia a tarea de laboratorio concreta.

Cuestión Teoría. Es una pregunta general o descontextualizada y concerniente a la necesidad o no de tener en mente alguna teoría para interpretar los datos que se obtienen cuando se lleva a cabo una investigación. Se pide además un ejemplo concreto para justificar la elección realizada, con lo que el alumno puede contextualizar sus respuestas. La cuestión es relevante para analizar las concepciones sobre la naturaleza de la investigación científica, en particular las relaciones entre teoría y diseño experimental.

Cuestión Computadores. Pregunta descontextualizada en que se cuestiona sobre las posibles interpretaciones de unos datos y los intercambios que pueden realizar dos científicos sobre sus visiones de los mismos. Además, de forma secundaria, se cuestiona sobre el “poder” atribuido a los computadores. La cuestión es relevante para conocer las concepciones sobre la naturaleza de la investigación científica y el análisis de los datos que realizan los científicos.

Cuestión Almidón. Se ha elegido una situación escolar concreta y bastante conocida por los estudiantes de ciencias: el test de detección del almidón en hojas de plantas verdes. La situación descrita se propone analizar los casos en que los resultados experimentales en el laboratorio no coinciden con las predicciones del conocimiento teórico. La cuestión proporciona información sobre el análisis de los datos y las relaciones entre teoría y datos.

Cuestión Aceites. Se describen tres conjuntos de medidas directas y contextualizadas en el cálculo de una magnitud, la masa de un decilitro de aceite. Tenemos tres situaciones diferentes:

- un mismo aceite con una misma media,
- un mismo aceite con dos medias diferentes,
- dos aceites diferentes y dos medias diferentes.

En los dos primeros casos se pregunta acerca de la calidad de las medidas y en el tercero si la diferencia es significativa o no. Las cuestiones nos informan sobre las concepciones acerca de la naturaleza de la investigación científica y sobre el proceso de medida y análisis de los datos empíricos.

Categorías de análisis. En el Cuadro 1 se resumen las categorías de análisis utilizadas para clasificar las respuestas dadas por los alumnos. Estas categorías derivan de los trabajos de análisis de Seré (1998). Dado que las preguntas son abiertas en muchos casos o requieren de una justificación, es necesario clasificar las respuestas con ayuda de estas categorías. Éstas caracterizan determinadas opciones dentro de dos dimensiones de análisis:

- la dimensión ontológica (identidad o semejanza entre el mundo y las representaciones que hace la ciencia del mismo; o bien distanciamiento entre ambos),
- la dimensión epistemológica (primacía de los datos, de la observación y la medida en el conocimientos científico; o bien primacía de la teoría en el conocimiento como actividad intelectual que va mas allá de los datos en si mismos).

Podemos encontrar cuatro cuadrantes o combinaciones, tomadas como casos extremos de todo un continuo. No se pretende clasificar de forma estricta, solo describir tendencias necesarias en un análisis de preguntas abiertas.

Cuadro 1. Categorías de análisis según las dimensiones ontológica y epistemológica.

	Dimensión ontológica: identidad realidad/modelo científico	Dimensión ontológica: distanciamiento realidad/modelo científico
Dimensión epistemológica: primacía de los datos	“Valores” : Domina la idea de que cada medida o conjunto de medidas o datos, en su caso, tiene alto valor en si mismo.	“Incertidumbre” : Corresponde con la idea de que cada medida o dato puede tener una cierta desviación según los instrumentos utilizados, lo que lleva a una diferencia entre lo observado y lo teórico. “Extensión” , similar a lo anterior pero aplicado al conjunto de datos o medidas.
Dimensión epistemológica: primacía de la teoría	“Valor Oficial” : Corresponde con la idea de que existe un valor verdadero, ideal o teórico que hay que descubrir o simplemente citar incluso por encima de los obtenidos.	“Estadística” : Domina la idea de que las medidas o datos deben ser procesados estadísticamente para tener algún valor. “Mas Datos o Repetir” : Corresponde con la petición de más datos de los obtenidos o repetir toda la experiencia por no tener valor suficiente o alguno lo aportado.
Categorías compatibles con cualquier posición ontológica/epistemológica: “Error” : Cuando se hace referencia al error humano, considerándolo como irremediable o siempre presente. “Protocolo” : Los resultados se explican en base al protocolo o forma de trabajo realizado. “Relativismo” : Se hace referencia a que nada puede decidirse o concluirse, a veces amparándose en las categorías anteriores de error o protocolo.		

3. Resultados

Comentamos los resultados más relevantes siguiendo el orden en que hemos presentado las cuestiones. La mayoría de las respuestas nos permiten situarnos en las dos dimensiones del Cuadro 1, excepto en la cuestión Teoría que nos sitúa exclusivamente sobre la dimensión epistemológica.

Cuestión Teoría. La pregunta da a elegir entre dos afirmaciones que inicialmente parecerían contradictorias aunque los científicos pueden realizar su trabajo de formas diversas y podrían no ser consideradas excluyentes. En cualquier caso, las respuestas permiten situarnos de forma muy directa sobre la dimensión epistemológica (primacía de la teoría/primacía de los datos). Los resultados cuantitativos de las dos poblaciones se muestran en la Tabla 1. No respondió a esta cuestión el 26% del grupo P y el 5% del grupo C.

Tabla 1. Frecuencias de elección, en porcentaje sobre alumnos que responden, para las afirmaciones que describen el modo de trabajo de los científicos.

	De acuerdo con la afirmación		En desacuerdo con la afirmación		No estoy seguro	
	Grupo P	Grupo C	Grupo P	Grupo C	Grupo P	Grupo C
Primacía de la Teoría	59 %	75%	5%	20%	10%	-
Primacía de los Datos	13%	10%	38%	75%	23%	10%

Es destacable que una cuarta parte del grupo P no responde a la cuestión. En ambos grupos las respuestas más frecuentes son: De acuerdo con primacía de la Teoría y en desacuerdo con primacía de los Datos. Sin embargo en el análisis individual esta coherencia es mayor en el grupo C (13 de los 15 individuos eligen esas dos afirmaciones) que en el grupo P (13 de los 23 eligen esas opciones, pero otros 8 eligen De acuerdo con la Teoría y No estoy seguro en la Primacía de los Datos).

Sólo 7 estudiantes del grupo P justifican sus elecciones con ejemplos, dos reformulan la afirmación escogida y 5 ponen ejemplos concretos (3 tomados de la Biología, 1 de la Geología y 1 de los descubrimientos geográficos). 14 estudiantes del grupo C justifican sus elecciones, 4 reformulando la elección y 8 con ejemplos concretos (4 de Biología, 2 de Química, 2 de Física). Además 2 individuos que no están de acuerdo con ambas afirmaciones justifican su elección. Así, uno de ellos explica: *“Los científicos no deben dejarse influenciar mucho por sus conocimientos anteriores pues deben abrirse a una posibilidad de investigar siempre algo nuevo y esto puede que no siempre este de acuerdo o cumplir sus teorías conocidas. Pues si no se estarían moviendo dentro de un mismo círculo que no les permitiría avanzar en la investigación”*. Sólo 1 individuo del total indica estar de acuerdo con ambas afirmaciones, aunque no justifica sus elecciones.

En conjunto la población se decanta por la primacía de la Teoría, aunque sólo una minoría del grupo P y la mitad del grupo C son capaces de contextualizar sus

respuestas con ejemplos concretos. Parece que las respuestas son muy dependientes de los aprendizajes previos y de ejemplos memorizados (por ejemplo hay tres citas similares sobre la Teoría de la Generación espontánea).

Cuestión Computadores. La pregunta plantea resolver un dilema sobre las interpretaciones que realizan dos investigadores de unos mismos datos (los datos no se contextualizan en ningún momento). Una quinta parte de los dos grupos encuestados no respondieron a la cuestión.

Preguntados por las distintas gráficas realizadas por los investigadores, el 37% del grupo P y el 40% del C dan respuestas posicionadas en la categoría de “Valores”, por ejemplo *“La representación de cada dato mostrado en la figura es distinto”, “Se traza la línea que equidista de todos los puntos”*. El 66 % del grupo P y el 60% del C responden claramente con la idea de que predomina un modelo teórico (primacía de la teoría) en la mente del investigador, así : *“De acuerdo a los objetivos de su investigación”, “Porque cada investigador tiene un punto de vista y según esto hizo los gráficos”*.

Interrogados por los argumentos que utilizarían en una discusión entre ambos investigadores, el grupo C se alinea casi mitad por mitad entre los que indican que defenderían su “teoría” inicial y los que defenderían sus “valores” obtenidos. Cada una de estas dos posturas es argumentada por un 25% de los miembros de P, mientras que la otra mitad defienden ideas categorizables como “Protocolo”, así: *“Hablarían de los instrumentos utilizados y su forma de utilización”*. Esta categoría que parece cuestionar el trabajo experimental solo la argumentan el 7% de los miembros del grupo C.

La respuesta positiva a si el ordenador podría ayudar a resolver el problema se puede situar como una tendencia a que existe un “Valor oficial” que es deseable de encontrar. El 88% del grupo C se adhiere a esta respuesta, frente a solo el 40% del otro grupo. Uno de estos últimos dice: *“Yo soy humanista, no entiendo mucho lo científico”*, en una declaración que pareciera asumir que los computadores son sólo cosa de las ciencias.

Cuestión Almidón. Esta pregunta sitúa al alumno en un contexto concreto de una práctica de laboratorio. El 18% del grupo P y el 10% del C no la respondieron. En su presentación en castellano se daba a elegir entre 6 opciones cerradas que explicarían los resultados no esperados en los test del almidón y se solicitaba justificar la elección realizada.

Las respuestas cerradas son categorizables como “Error”, “Incertidumbre”, “Extensión”, “Mas datos” y “ Protocolo”; respondiendo a un cierto distanciamiento entre realidad y modelo científico que es lo que ilustra la cuestión y nos sitúa en la dimensión ontológica del estudio. La Tabla 2 recoge los resultados de las elecciones realizadas.

Tabla 2. Frecuencias de elección, en porcentaje sobre alumnos que responden, para las afirmaciones que explican los resultados no esperados en el test del almidón.

	Grupo P	Grupo C
Se han equivocado en los test (“Error”)	34 %	6%
Los fenómenos no siempre responden a las teorías (“Incertidumbre”)	25%	39%
Hacer varias experiencias de comprobación (“Extensión”)	12%	11%
Intervienen otros factores (“Más datos”)	22%	44%
El test no es muy seguro (“Protocolo”)	7%	-

En conjunto los estudiantes del grupo P muestran una mayor tendencia hacia posturas de relativismo, que no son casi consideradas por el otro grupo. Situándonos en la dimensión ontológica del distanciamiento entre realidad y modelo científico, las respuestas de “Incertidumbre” y “Extensión” (más próximas a la primacía de los datos) son mayoritarias en ambos grupos, si bien en el grupo C la opción de “Más datos” (ligada a la primacía de la Teoría) es la que obtiene más respuestas. En esa misma línea van las escasas justificaciones que se realizan de las respuestas (alrededor del 10% de los individuos), reclamando en todos los casos que se busquen o controlen otros posibles parámetros olvidados al llevar a cabo la práctica.

Cuestión Aceites. La cuestión se divide en tres tareas que sitúan al alumno en un proceso de valoración de unas medidas concretas para el cálculo del peso y la densidad de diversas muestras de aceites. El proceso de medida y toma de datos, práctica habitual en los laboratorios, es cuestionado al plantearse las diferencias entre grupos o bien si las diferencias entre medidas obtenidas por un solo grupo son ciertas. La Tabla 3 muestra en síntesis los resultados. La totalidad de los alumnos contestaron a esta cuestión que iniciaba el cuestionario.

En el primer apartado los miembros del grupo C eligen mayoritariamente la opción correcta mientras que en el P hay más dificultades. Resulta sorprendente los cambios apreciados en las respuestas cuando las medias obtenidas son distintas, siendo minoritaria la elección correcta en el grupo C e incluso aceptándose mayoritariamente el que se puedan escoger datos de ambos grupos. Pareciera que la calidad de las medidas se identifica con la precisión de las mismas. En el tercer apartado los dos tercios de ambos grupos escogen la opción correcta. Hay que resaltar que sólo seis individuos del P escogieron la opción correcta en los apartados 1 y 2; y solo 3 tres del C (en ambos casos el 15% de sus grupos).

Tabla 3. Frecuencias de elección (en porcentaje) para las afirmaciones escogidas sobre la calidad de los datos en las medidas de la masa o el acuerdo con la conclusión sobre la densidad (las respuestas correctas se señalan en negrita).

		Grupo P	Grupo C
1. Dos grupos, igual aceite e igual media	Las dos series de medidas son igualmente buenas al obtener igual resultado.	33%	25%
	Un grupo es mejor porque la diferencia entre la medida más grande y la más pequeña es menor.	46%	70%
	Un grupo es mejor porque las medidas cubren un abanico más amplio.	8%	5%
	No se pueden obtener conclusiones.	13%	-
2. Dos grupos, igual aceite, medias distintas	Podría obtenerse un valor cogiendo datos de las dos series de medidas.	23%	56%
	Un grupo es mejor porque la diferencia entre la medida más grande y la más pequeña es menor.	29%	16%
	Un grupo es mejor porque las medidas cubren un abanico más amplio	25%	-
	No se pueden obtener conclusiones.	23%	28%
3. Un grupo, dos aceites, medias distintas	Se puede concluir que las densidades son distintas.	69%	68%
	No se puede concluir que las densidades son distintas.	6%	11%
	No estoy seguro.	25%	21%

El análisis de las justificaciones dadas para estas respuestas se realizó utilizando las categorías ya citadas y permite situar, en conjunto, a los tipos de justificaciones en los cuadrantes ontología/epistemología (ver Cuadro 2). No es necesario pormenorizar las justificaciones pues de ello resultan una extensa red de datos, los cuales solo encuentran un sentido pleno al agruparlos en grandes categorías. Como síntesis hay que destacar:

1. Se observan tendencias similares en las justificaciones de los dos grupos, con un predominio de las categorías situadas en el cuadrante distanciamiento/primacía de datos. Sólo en el grupo C hay mayor presencia en el cuadrante distanciamiento/primacía de la teoría.
2. Hay una presencia clara, aunque minoritaria, de las categorías compatibles con cualquier postura y posiciones relativistas.
3. Las categorías que aparecen con mayor frecuencia son “Incertidumbre” (35%), “Valores” (23%), “Valor Oficial” (16%), el resto tienen frecuencias menores al 10%.

Cuadro 2. Porcentajes de la presencia de las categorías de análisis en las justificaciones dadas a las distintas preguntas de la Cuestión Aceites. El primer dato recoge el porcentaje total y luego el de los grupos P y C.

	Dimensión ontológica: identidad realidad/modelo científico	Dimensión ontológica: distanciamiento realidad/modelo científico
Dimensión epistemológica: primacía de los datos	23 % (28% P -15% C)	40 % (34% P - 46 % C)
Dimensión epistemológica: primacía de la teoría	16 % (20% P- 11% C)	5 % (2% P - 13% C)
Categorías compatibles con cualquier posición ontológica/epistemológica y/o Relativismo		16% (15% P - 16% C)

Del análisis individualizado de las justificaciones realizadas en los tres apartados de esta cuestión surge una respuesta bastante clara a la pregunta que va configurándose al analizar los cuestionarios, a saber: ¿Podemos posicionar a cada individuo en un único cuadrante para todas sus respuestas o justificaciones? ¿Derivan todas sus respuestas de una única posición ontológica/epistemológica/relativista?.

El estudio cruzado de las respuestas de los 59 individuos muestra que lo mayoritario son las incoherencias o contradicciones en las posturas tomadas. En la Cuestión Teoría ya se comentó este aspecto, donde las incoherencias eran menores. En la Cuestión Computadores sólo 2 individuos del grupo P y 9 del C mantienen coherencia en las dos respuestas posibles. En la Cuestión Aceites sólo 3 individuos de cada grupo mantienen coherencia en las tres justificaciones, sólo 16 del P y 7 del C dan la misma justificación en dos respuestas. La mayoría del grupo P (20 de 39) y del C (10 de 20) dan justificaciones con categorías diversas, incluso variando claramente de posición ontológica/epistemológica. Tomadas las cuatro cuestiones: solo 1 individuo muestra coherencia en las siete respuestas, dos individuos la muestran en cinco o seis y tres en cuatro respuestas; es decir no más del 10% parecen mostrar un modelo mental medianamente coherente. El resto modifica sus posturas en una o en ambas dimensiones, apreciándose más cambios cuando la cuestión planteada es contextualizada.

Estos cambios indican que no es posible concluir que los estudiantes mantengan una única posición sobre el análisis de los datos obtenidos en el laboratorio, la validez de los conocimientos que se elaboran a partir de los mismos o el papel de la teoría y la naturaleza de la investigación científica. Hay múltiples posturas en el individuo y las respuestas parecen estar regidas más por la forma de la cuestión, cuantitativa o cualitativa, contextualizada o general, que por un modelo mental fuerte y coherente.

4. Conclusiones y perspectivas para la enseñanza de los trabajos prácticos

De acuerdo con nuestra hipótesis de partida hemos apreciado un amplio espectro de posicionamientos ontológicos/epistemológicos en el pensamiento de los estudiantes cuando responden a tareas que imitan o tratan de movilizar sus ideas sobre los trabajos prácticos de laboratorio, aún más esos posicionamientos no parecen ser consistentes o fijos en cada individuo.

Utilizando el sistema de categorías propuesto por Seré podemos situar al estudiante en un cuadrante de ontología/epistemología/relativismo, mostrando sus coherencias y contradicciones. En nuestro estudio al igual que en la experiencia europea (con muestras de siete países obtenidas de forma semejante al aquí presentado), las categorías se otorgan con más facilidad en preguntas de tareas concretas o contextualizadas. Esto sugiere que el profesorado podría elaborar cuestiones cortas de esta naturaleza durante sus trabajos en el laboratorio. Estos cuestionarios pueden ser utilizados en diferentes países del ámbito iberoamericano, seguramente con menor dificultad a la asociada a los cuestionarios desarrollados en la conocida como Torre de Babel que suponen los diferentes sistemas educativos de Europa (Tiberghien et al., 1998).

De los errores apreciados, al igual que sus homólogos europeos (Leach et al., 1998), y sus posicionamientos poco apropiados podemos extraer propuestas de mejora en nuestras clases prácticas. Así, se aprecian especial dificultad en las estimaciones de conjuntos de datos o creencias erróneas que asumen que el computador puede resolver los problemas de análisis de los datos. Habría que insistir en que la capacidad algorítmica del computador se basa en un programa previo diseñado por el ser humano y mejorar la comprensión de los métodos de procesamiento de datos.

Se observa que un gran número de alumnos están conformes a la idea de que el conocimiento deriva directamente de los datos y no reconocen las particulares relaciones entre teoría y datos o como las teorías dirigen el diseño, interpretación y análisis de los datos durante la investigación científica. Nuestras actividades prácticas deberían tener algo menos de aplicación directa de fórmulas o algoritmos y un poco más de pensamiento crítico y razonamiento explícito acerca de la relación entre los resultados obtenidos y la teoría científica que subyace a la actividad de laboratorio.

Por último habría que animar al profesorado a realizar cuestionarios similares para otras tareas de laboratorio, cuestionarios que serán de gran ayuda para conocer los posicionamientos filosóficos del alumnado durante sus actividades prácticas y para que el profesorado desarrolle interés por esta temática. Como planteábamos al inicio, en buena medida, la imagen de la ciencia que obtienen nuestros alumnos deriva de la actuación docente en los trabajos prácticos.

Podemos considerar como tarea pendiente y abierta a futuras investigaciones, el seguimiento de las ideas del alumnado según el uso habitual o esporádico del laboratorio durante su formación en los estudios previos a la llegada a las aulas universitarias.

Agradecimientos. Deseamos dar las gracias a los profesores de la UCM D. Sergio Lillo Inostroza, D. Manuel Tamayo Hurtado y D. Guillermo Eduardo López Quintana por su disponibilidad en el momento de cumplimentar los cuestionarios en sus grupos de clase. Sin su colaboración este trabajo no hubiera sido posible.

5. Referencias bibliográficas

Bandiera, M., Torracca, E., Tarsitani, V., Vicentini, M. & Seré, M.G. 1998. Survey 2B: Image of science and labwork. Hypotheses, research tools and results in Italy and in France. (Working Paper, Labwork in Science Education Project). Leeds: CSSME.

Driver, R., Leach, J., Miller, R. & Scott, P. 1996. Young people's images of science. Buckingham. Open University Press.

Koulaidis, V. & Ogborn, J. 1995. Science teacher's philosophical assumptions : how well do we understand them ? International Journal Science Education, 17 (3), 273-283.

Leach, J., Miller, R., Ryder, J. & Seré, M.G. 2000. Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts. Learning and Instructions, 10, 497-527.

Leach, J., Miller, R., Ryder, J. , Seré, M.G., Hammelev, d. Niedderer, H. & Tselfes, V. 1998. Survey 2A : Students images of science as they relate to labwork learning (Working Paper, Labwork in Science Education Project). Leeds: CSSME.

Lederman, N.G. 1992. Student's and teacher's conception of the nature of science: a review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 29 (4), 331-359.

Mortimer, E.F. 1995. Conceptual change or conceptual profile change ?. Science and Education, 4, 267-285.

Seré, M.G. 1998. Improving science education: issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe. Final report of the project Labwork in Science education, targeted socio-economic research, science. Research & development, European Commission. Brussels, Belgium: The European Commission.

Tiberghien, A., Becu-Robinault, K., Buty, C., Le Marechal, J.F. & Veillard, L. 1998. Survey 1: Science teaching and labwork practice in several European countries. (Working Paper, Labwork in Science Education Project). Leeds: CSSME.

Vosniadou, S. 1994. capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instructions, 4, 45-69.

ANEXO

I. Cuestión Aceites

1.1. Se ha dado a dos grupos de alumnos un decilitro de aceite de oliva y se les pide medir su masa. Cada grupo hace cinco medidas. Los resultados obtenidos, clasificados en orden creciente, son:

Medidas en gramos:

Grupo A 94,9 96,6 97,1 98,1 98,9 (media 97,12)

Grupo B 91,9 96,5 97,5 97,5 102,2 (media 97,12)

¿Cuál de las siguientes afirmaciones te satisface más? (*Señala con un aspa.*)

(a) Las dos series de medidas son igualmente buenas porque dan el mismo resultado.

(b) Los resultados del grupo A son mejores porque la diferencia entre la medida más grande y la más pequeña es menor.

(c) Los resultados del grupo B son mejores porque las medidas cubren un abanico más amplio de valores.

(d) A partir de estos datos es imposible sacar ninguna conclusión referente a la calidad de las medidas.

Razona tu elección:

1.2. Se ha dado a otros dos grupos un decilitro de aceite de nuez y se les pide medir su masa. Cada grupo hace cinco medidas. Los resultados obtenidos, clasificados en orden creciente son:

Medidas en gramos:

Grupo A : 92,4 93,3 93,4 94,0 94,4 (media 93,5)

Grupo B: 91,9 93,3 94,9 95,0 96,9 (media 94,4)

¿Cuál de las siguientes afirmaciones te satisface más? (*Señala con un aspa.*)

(a) Como se tienen dos series de medidas podría obtenerse un valor cogiendo (alguno/algunos/todos) datos de las dos.

(b) Los resultados del grupo A son mejores porque la diferencia entre la medida más grande y la más pequeña es menor.

(c) Los resultados del grupo B son mejores porque las medidas cubren un abanico más amplio de valores.

(d) A partir de estos datos es imposible sacar ninguna conclusión referente a la calidad de las medidas.

Razona tu elección:

Si has elegido (a), indica qué valor pondrías:

Si has elegido (d), indica qué informaciones suplementarias necesitarías para poder determinar qué grupo es el mejor:

1.3. Un grupo de alumnos debe estudiar las propiedades de dos aceites vegetales diferentes. Toman un decilitro de cada uno y hacen cinco medidas de la masa en cada caso. Los resultados obtenidos son:

Medidas en gramos:

Aceite X 92,2 92,6 93,2 94,1 94,4 (media 93,3)

Aceite Y 93,6 94,1 94,3 95,0 95,4 (media 94,5)

A partir de estos resultados, la conclusión es que "la densidad del aceite Y es mayor que la del aceite X". ¿Estás de acuerdo con esta conclusión? (*Señala con un aspa.*)

Estoy de acuerdo No estoy de acuerdo No estoy seguro

Justifica tu respuesta:

2. Cuestión Almidón

Se trata de una sesión de prácticas efectuada en el laboratorio por una clase. Los alumnos estudian muestras de hojas provenientes de plantas que han sido conservadas durante varios días en un armario oscuro y, por otra parte, hojas de plantas que han estado expuestas a la luz. El profesor sabe que debe haber almidón en estas últimas (las expuestas a la luz) y no en las primeras (las que quedaron en la oscuridad). Pero, por el momento, los alumnos no conocen lo que pueden encontrar.

Algunos grupos de alumnos de esta clase obtienen efectivamente el resultado esperado. Pero para otros grupos los tests del almidón no son nunca positivos. A otros grupos, por el contrario, les sale positivo el test del almidón para algunas hojas que han estado a la luz (pero no para todas), y también para algunas hojas que han estado en la oscuridad (pero no para todas).

Estos resultados podrían deberse a que:

Señalar la causa que creas más probables. Deja vacías las casillas de las que creas no intervienen.

- Algunos grupos se han equivocado en los tests.
- En biología los fenómenos no siempre responden a las teorías.
- Deberían haber hecho varias experiencias de comprobación.
- Interviene algún otro factor (el origen de las hojas, el tiempo que han estado guardadas en la oscuridad, etc.) .
- El test que se empleó para el almidón no es muy seguro.
- Otra causa (especificar).

Justifica tu respuesta:

3. Cuestión Teoría

Las dos afirmaciones siguientes se refieren a lo que hacen los científicos a partir de los datos obtenidos. Marca la casilla correspondiente para indicar si *estás de acuerdo* con la afirmación, si *no estás de acuerdo*, o si *no estás seguro*.

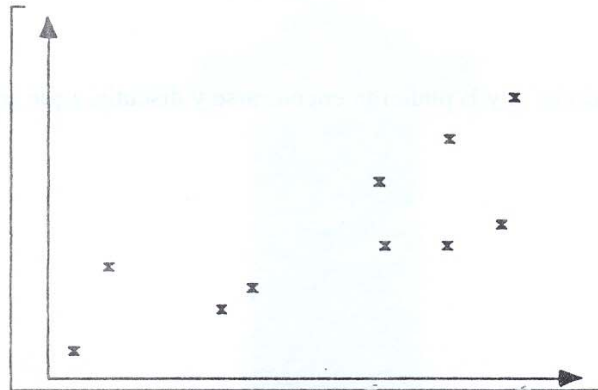
	De acuerdo con la afirmación	En desacuerdo	No estoy seguro
Los científicos parten de conocimientos teóricos que influyen sobre su análisis de los datos.			
Los científicos parten de los datos obtenidos, sin dejar que sus conocimientos teóricos interfieran con éstos.			

¿Serías capaz de justificar tu elección utilizando algún ejemplo tomado de la geología, de la biología, de la física, o de la química? :

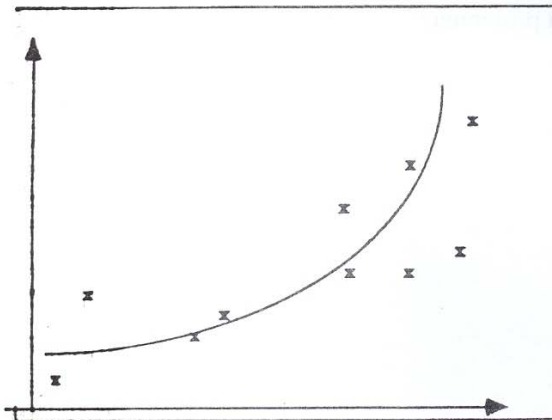
4. Cuestión computadores

Dos investigadores A y B deben trabajar sobre la misma serie de datos representados por la primera figura de aquí abajo. Cada uno de ellos da una interpretación representada respectivamente por las figuras segunda y tercera (nótese que no se ha variado ningún punto en relación a la primera representación).

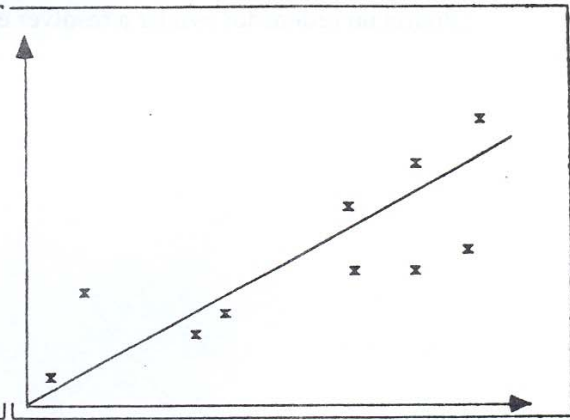
Resultados de las medidas:



Interpretación de A:



Interpretación de B:



¿Cómo explicarías el hecho de que las gráficas de los investigadores A y B sean diferentes?

Si los investigadores A y B pudieran encontrarse y discutir, ¿qué argumentos crees que utilizarían?

¿Podría un ordenador ayudar a resolver el problema?