

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN FÍSICA: VISIÓN DE ESTUDIANTES  
UNIVERSITARIOS**  
**EXPERIMENTAL ACTIVITY IN PHYSICS: VIEWS OF UNIVERSITY STUDENTS**

**Andrés Z., Ma. Maite**  
UPEL-IPC

**Pesa, Marta A.**  
Universidad Nacional de Tucumán.

**Jesús Meneses**  
Universidad de Burgos

**Resumen**

En este trabajo la actividad experimental en la física ha sido caracterizada desde diferentes perspectivas epistemológicas, en un continuo que va desde una concepción estándar de ciencia, hasta una concepción no estándar que se corresponde más al quehacer científico actual. Ello permitió estudiar la visión que han desarrollado estudiantes universitarios venezolanos, de física y profesorado de física, en relación con la actividad experimental científica. Los resultados ponen de manifiesto que predomina una visión restringida muy sesgada hacia lo instrumental, que es independiente del marco teórico, y en general, más próxima a la caracterización estándar. En consecuencia, resulta necesario proponer y ensayar nuevas formas de implementación didáctica del trabajo de laboratorio en el contexto educativo, que promuevan un pensamiento científico más próximo al no estándar.

**Palabras clave:** Trabajo de laboratorio, concepción epistemológica, actividad experimental científica, concepciones de los estudiantes, física.

**Abstract**

In this study, the experimental activity in physics has been characterized from different epistemology perspectives, in a continuous from a standard conception of science until a non standard conception that it is closest to which today it considers like science. This work allowed study the vision that Venezuelan university students have developed, about the experimental activity of science. The results show that prevails in them a vision limited, and very centered in the instrumental. Furthermore, this vision is independent of the theoretical frame, and, in general, it is next to the standard characterization. In consequence, it is necessary to propose and to try new methods of teaching for the laboratory work in the educational context, which promote a scientific thinking near to the non standard conception.

**Keywords:** Laboratory work, epistemology conception, experimental scientific activity, student's conceptions, physics

**Introducción**

Las actividades experimentales en la educación en ciencias se consideran propicias para promover en los estudiantes el desarrollo de ideas acerca de la Naturaleza de la Ciencia (NC), dado que las mismas, por lo general, son un espacio donde se aprende haciendo, es decir, donde los sujetos están en acción. Sin embargo, este hacer puede ser muy diverso y parece estar asociado con la visión que tienen los docentes acerca de la ciencia (Moreira y Ostermann, 1993; Lang da Silveira, 1996) y acerca de la enseñanza de la ciencia (Hodson, 1994; Andrés y Riestra, 1999; Duschl, 2000), las que, generalmente, no son explícitas ni siquiera para ellos mismos. Por

otra parte, si bien el trabajo experimental es considerado una actividad importante en el proceso de producción de conocimientos dentro de las ciencias experimentales, su concepción varía según distintas perspectivas epistemológicas de la ciencia.

La mayoría de los estudios encontrados en el área, se refieren a la visión que tienen los docentes en servicio (primaria y secundaria) o los estudiantes para docentes, acerca de la naturaleza de la ciencia. Estos trabajos evidencian que ambos grupos tienen una falta de conocimiento formal sobre el tema y su conceptualización está próxima a lo que se denomina como concepción estándar de la ciencia, CE, (Fernández y Elortegui, 1996; Porlán y otros 1998; Andrés, 2003; Abd-El Khalick y Lederman, 2000a; Islas y Pesa, 2001).

En este trabajo hemos centrado el interés en los trabajos de laboratorio, con el fin de investigar acerca de la visión que han desarrollado los estudiantes sobre la actividad experimental en la física. Ello aportará criterios para orientar el diseño de ambientes de aprendizaje relacionados con el trabajo de laboratorio dirigido al desarrollo de un pensamiento científico más próximo al quehacer científico.

### **El Laboratorio en la Ciencia**

En la historia de la ciencia la mayoría de sus exponentes consideran al siglo XVII como el punto de partida de lo que hoy conocemos como actividad experimental. Se inicia con Bacon quien valorizaba la experiencia realizada metódicamente y criticaba la recolección de datos a partir de la observación casual como fuente de conocimiento.

Considerando algunos registros históricos en el campo de la ciencia, Galileo Galilei (1564-1642) en Italia, fue quien planteó la separación entre el pensamiento religioso y el científico, atribuyéndole a este último un predominio de validez frente al anterior. Si bien Galileo no describió de manera explícita procedimientos científicos, ha sido inferido de sus trabajos lo que hoy conocemos como *método experimental*. Éste consiste en:

- i) *Modelar para medir*, en el sentido de medir magnitudes que se suponen significativas.
- ii) Formular hipótesis en términos matemáticos que expresen relaciones entre magnitudes y que sean contrastables, "...las (suposiciones) de Galileo son susceptibles de verificación experimental ("los graves deben caer con velocidades independientes de sus pesos")..." (Papp, 1961, 5-92)
- iii) Deducir consecuencias que puedan ser sometidas a la contrastación empírica.
- iv) Diseñar experiencias para provocar un evento que permita evaluar, con control, las consecuencias deducidas.

Galileo integra la práctica con la teoría y la actividad matemática deductiva. Como lo señala Papp (1961):

"...Sin embargo, Galileo no pone en juego la experiencia para encontrar la ley, la invoca sólo para verificarla, ya encontrada con razonamientos deductivos. No se peca subrayando demasiado esta característica del método galileano, puesto que fue desconocida por muchos historiadores que proclamaron a Galileo como inventor de la física experimental.... La revolucionaria innovación metodológica introducida por Galileo en la ciencia no consiste en la apoteosis de la experiencia con menosprecio de la especulación deductiva, sino, en la magistral síntesis del triple

método de sus precursores –filosófico, matemático y empírico en una indivisible unidad" (Papp, 1961, p 5-72)

Newton (1642-1727) rescata e integra el trabajo experimental al quehacer científico; valora la actividad que se desarrolla en el laboratorio y la emplea de manera muy diversa. Así, en la mecánica celeste, el espacio fue su laboratorio y los métodos matemáticos sus instrumentos. Mientras que en otras áreas como la óptica, el control constante y riguroso del experimento constituye la clave de su método. Las relaciones que se suponen regulan los fenómenos y las consecuencias que se derivan de éstas, son expresadas en términos matemáticos y deben permitir diseñar eventos que puedan ser rigurosamente controlados, para así afirmar si son válidas o no. A pesar de la fuerte relación teoría-experimento y de la creación de modelos representativos de los fenómenos reales, en los cuales se encuentran conceptos y supuestos, como partícula, superficies sin fricción, y otros, que intentan simplificar la realidad para su estudio; prevalece durante esa época, la concepción de progreso científico como conocimiento acumulativo, es decir, el nuevo conocimiento está asentado en otro precedente (Damiani, 1997; Geymonat, 1998)

Con el desarrollo del positivismo, Comte ratifica su respeto por la experimentación, la observación y la experiencia controlada. Le da un lugar preferencial al experimento, y deriva de él el saber riguroso, utilizando el análisis matemático. Bajo esta concepción, los conocimientos científicos son descubiertos mediante la experimentación rigurosa. En tal sentido, se considera que:

- Una observación es fuente de conocimiento o al menos de hipótesis a comprobar.
- El conocimiento científico se obtiene como síntesis de los resultados experimentales; aplicando reglas precisas que le da rigurosidad al experimento.
- En la producción del conocimiento científico no se tiene en cuenta la invención ni la creatividad humana, lo que convierte a la ciencia en un cuerpo de conocimientos absolutos y acumulativos.

El progreso de la ciencia y los cambios en las posturas epistemológicas de los últimos tiempos, permiten ver que la actividad experimental, el laboratorio, ha tomado otro lugar y otra función dentro de la producción de conocimientos. El racionalismo crítico de Popper y Lakatos, ya nos plantea que la observación y la experimentación no son neutras, por lo tanto, no pueden ser consideradas como fuentes objetivas de conocimientos. El método hipotético-deductivo propuesto por ellos, le da primacía a la inventiva y creación de hipótesis audaces por parte del hombre, a partir de las cuales se deducen consecuencias que se aceptan hasta tanto no sean falsadas, lo que conlleva al desarrollo de múltiples experimentos rigurosos que intentan probar su falsedad. Esta actividad trae consigo el desarrollo de teorías para la construcción de instrumentos de medición y el diseño de técnicas experimentales.

Por otra parte, en la historia de la ciencia se encuentran experimentos que resultaron cruciales en el progreso de la ciencia, porque marcaron la división entre el abandono o la limitación de un programa de investigación, y la aceptación de otro emergente y rival.

La visión científica de Einstein (Arruda y Laburú, 1998), planteaba la existencia, por un lado, de las experiencias directas o hechos que están dados por la naturaleza, y por otro, de los axiomas inventados por los hombres de los cuales se extraen consecuencias, que pueden ser empleadas para abordar contrastaciones experimentales; no en el sentido de búsqueda de la verdad de los axiomas sino como una forma de establecer una correspondencia entre

*consecuencia y experimento*, con lo que se alcanza una comprensión aproximada de la naturaleza. Para este físico no hay un camino lógico que lleve de la experiencia a los axiomas, estos son invención del hombre. El pensamiento científico de Einstein puede ser enmarcado en el racionalismo crítico.

Murray Gell-Mann (1994), otro físico destacado de actualidad, expone que cada teoría es una descripción muy general que engloba una gran cantidad de clases de situaciones, y por ello, tiene que complementarse con los detalles de cada clase para poder hacer predicciones concretas. Comparte la idea de que las nuevas teorías compiten con las existentes en parte por coherencia y generalidad, y también por su capacidad de explicar las observaciones existentes y de predecir otras nuevas.

Gell-Mann (1994) expone que la empresa científica, aunque se asocia con un método de trabajo preestablecido y supuestamente objetivo, no se ajusta a ningún modelo bien definido, sobre todo porque ella es obra de humanos, y en consecuencia no están inmunes a la influencia de la sociedad. A pesar de las desviaciones que se puedan observar en la actividad científica, ésta es autocorrectiva. Los resultados finales de una teoría son claros, sin embargo, la historia de su desarrollo muestra cómo en el punto de partida existe confusión y con el tiempo y el aporte de diferentes grupos que investigan en la misma línea, se van precisando y aclarando las ideas.

En la actualidad parece no tener sentido hablar del método experimental sino más bien de una actividad experimental que forma parte de un cuerpo de conocimientos, e incluye una diversidad de métodos. La ciencia busca teorías que resuelvan problemas con eficacia, los cuales pueden ser empíricos o conceptuales; el progreso de la ciencia parece darse en la medida en que se resuelven o eluden más problemas. En este sentido, los cambios son graduales, aceptándose la coexistencia de programas rivales, y aunque existe una relación bidireccional entre teoría y métodos, el progreso en cada ámbito puede no ser simultáneo (Pesa, 2000; Laudan, 1986)

### **El Laboratorio desde dos Macrovisiones Epistemológicas**

En atención a lo anterior, se presenta un análisis del trabajo de laboratorio (TL) desde dos grandes perspectivas epistemológicas: la filosofía tradicional basada en el empirismo-inductivismo o concepción estándar (CE), y la denominada nueva filosofía de la ciencia o concepción no estándar (CNE) (Pesa, 2002; Abd-El Khalick y Lederman, 2000a) que sintetiza aspectos comunes de las diversas posiciones actuales (Chalmers, 1998). El análisis fue realizado atendiendo a siete preguntas claves:

1. ¿Cuál es el estatus de la actividad experimental en la ciencia?
2. ¿Con qué finalidad se realizan experimentos en la ciencia?
3. ¿Cómo se interpretan los datos experimentales? ¿Cómo se relaciona este proceso con la estructura teórica?
4. ¿Cómo se conciben los hechos, datos y evidencias?
5. ¿Cómo se efectúa el contraste empírico?
6. ¿Cuál es el rol de la creatividad e imaginación del científico en el trabajo de laboratorio?
7. ¿Cómo son valorados los resultados experimentales?

Desde *la concepción estándar, CE*, el trabajo de laboratorio se caracteriza por:

1. La actividad experimental tiene un estatus prioritario, es el único criterio de validez (verificación o falsación) de los conocimientos científicos; es la prueba definitiva de las hipótesis y teorías.
2. La finalidad del experimento es única, está dirigida a la búsqueda de la verdad, y en consecuencia, a la producción de conocimiento científico y al rechazo de toda idea que no pueda ser evaluada según estos criterios o que su evaluación resulte desfavorable. La observación es la fuente de las hipótesis de investigación.
3. Se considera como ciencia sólo al conjunto de teorías, modelos y enunciados estructurados jerárquicamente, que sigue una lógica hipotética, cuya fuente inicial es la observación. La actividad experimental es una herramienta para la verificación de teorías o para su descubrimiento; donde los procedimientos, instrumentos y técnicas no deben perturbar la medición. El progreso en el ámbito de la experimentación se centra en el desarrollo de instrumentos que permitan la obtención de datos cada vez más fieles y objetivos.
4. Las observaciones se convierten en datos una vez que estos han podido ser medidos, estableciéndose entre ellos una relación biunívoca. Los datos obtenidos son considerados como objetivos y totalmente aislados de influencias de tipo social y cultural. Esta *pureza* hace que los datos empíricos tengan garantía suficiente para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas y para producir, a partir de ellos, generalizaciones o modelos fieles que los representan.
5. El contraste empírico se lleva a cabo mediante un conjunto de reglas o pasos bien establecidos de carácter universal que garantiza la fiabilidad y validez de los resultados, el cual, generalmente, es conocido como *el método científico*. Este método es concebido como un procedimiento lógico, rígido que parte de la observación y llega a conclusiones que constituyen el conocimiento científico (Moreira y Ostermann, 1993).
6. Los aspectos de orden psicológico, como la creatividad o la imaginación, no tienen cabida en la ciencia, en consecuencia, el trabajo del laboratorio se caracteriza por ser una actividad bien estructurada y normada. Las variantes o invenciones perturbarían la objetividad de los resultados, por lo cual, no son considerados en el proceso. La ciencia es vista como una actividad impersonal y ahistórica. No se consideran relevantes las creencias o cosmovisiones, ni los aspectos contextuales.
7. Los resultados experimentales tienen valor por sí mismos, sobre la base del análisis de la estructura sintáctica del proceso mediante el cual han sido obtenidos. No tienen cabida diferentes interpretaciones de los resultados, se busca el valor correcto y verdadero.

Por otra parte, como se señaló al inicio de la sección, de las distintas perspectivas epistemológicas actuales algunos autores han sintetizado aspectos comunes no contrapuestos en lo que se denomina la concepción no estándar, CNE (Pesa, 2002; Abd-El Khalick y Lederman, 2000a) A continuación presentamos un análisis del trabajo de laboratorio atendiendo a: las siete cuestiones expuestas anteriormente, lo que consideramos amplía la síntesis CNE:

1. La experiencia continúa teniendo un rol importante, pero por sí sola no puede verificar o rechazar las hipótesis cuyo origen es teórico. Son tomados otros criterios complementarios, que pueden ser de orden social, cultural, personal. Entre la teoría y el experimento no se

establecen jerarquías, además, es difícil distinguirlas, ya que las teorías guían las pruebas empíricas, y éstas a su vez les sirven de base.

2. Los fines de la actividad empírica están en función de los problemas que se plantea la comunidad que comparte un cuerpo de conocimientos, los cuales pueden ser muy diversos, por ej. coleccionar nuevos datos que corroboren el éxito de las teorías o las relaciones establecidas, contrastar nuevas predicciones derivadas de la teoría, resolver problemas, explorar datos en nuevos dominios para la construcción de explicaciones y modelos más profundos, analizar y evaluar la adecuación de los modelos a los datos obtenidos en el experimento, y viceversa.
3. Existe interdependencia entre el dominio teórico y el experimental. Al igual que la teoría, el trabajo experimental es parte de la ciencia y no una herramienta de ésta. No se establece una jerarquía entre ellos, ambos tienen la misma relevancia en la producción de conocimientos. La experiencia está orientada por las teorías, creencias y significados, los cuales a su vez son justificados por la experiencia; así, en un experimento se considera aquello que resulta relevante a la luz de una teoría y de las condiciones particulares del problema a resolver, pero ante la presencia de datos *anómalos* que plantean problemas empíricos, es necesaria la construcción de modelos que los representen. Tal como lo plantea Laudan (1986) en el modelo triádico. O, como plantea Chalmers (1998) los nuevos hallazgos son el resultado de abordar con las teorías existentes nuevos dominios, permitiendo delimitar su campo de aplicabilidad y la necesidad de construcciones teóricas nuevas.
4. Para Latour y Woolgar (1995), los productos del trabajo del laboratorio son: datos, tablas, gráficos y registros, todos relativos a los enunciados en estudio, que son interpretados, discutidos, contrastados por los investigadores y sus pares, quienes en algún momento los califican como *hechos*, es decir, como enunciados observables que pierden todos los calificativos temporales y que son aceptados por la comunidad sin necesidad de respaldarlos o soportarlos; este tipo de enunciado es el que, por lo general, se encuentra en los libros de texto.

Los *datos* para Bunge (1975) son producidos en el marco de una teoría, se consideran una referencia objetiva en el sentido de que son producto de la observación; con frecuencia son indicadores de objetos no observables, que se sustentan en hipótesis relacionales (objeto no observable - objeto perceptible) que resultan de modelos teóricos y que se contrastan de manera independiente; para este autor la *evidencia* es un dato relevante desde algún referencial, es decir, es un dato que ha logrado ser interpretado mediante alguna teoría, por lo tanto, los datos y las evidencias están cargados de teoría. En el trabajo empírico es necesario establecer anticipadamente qué datos se constituyen en evidencia de aquello que se quiere estudiar, a la luz de ciertos modelos. Desde esta visión, el mundo real es independiente de los observadores, y puede ser aprehendido de diferentes formas, según los modelos teóricos de referencia (Chalmers, 1998). Por otra parte, en el proceso de la observación intervienen, además del objeto a observar, el sujeto que observa, las circunstancias, los métodos de observación y el cuerpo de conocimientos, todo lo cual le quita a los datos su carácter de únicos, puros y neutros, y en consecuencia, resulta necesario describir el grado de precisión y exactitud de los mismos, como indicadores de la aplicabilidad de las teorías según las circunstancias estudiadas.

5. La contrastación experimental depende del problema, y en consecuencia, del programa de investigación (tradicción o paradigma). Cudmani, Salinas y Jaén (2000) plantean diferentes niveles de contrastación: el de las proposiciones observables, las hipótesis y las teorías (a partir de las consecuencias que de ellas se derivan), cada uno de los cuales implica un proceso

distinto. En cualquier caso, es menester pensar en el diseño, en la recolección de los datos y en su interpretación, dando cabida a criterios alternos para la aceptación de los resultados experimentales con el mayor grado de confianza posible. Los procedimientos y los fines de la contrastación también dependen del nivel de desarrollo o progreso en que se encuentra el programa de investigación.

6. De la misma manera que en el desarrollo de modelos para abordar el estudio de fenómenos del mundo real o para explicar resultados empíricos anómalos, no basta el uso de lógicas formales o normas establecidas; en la formulación de los problemas y las hipótesis, interviene una gran dosis de creatividad, imaginación e intuición por parte de los investigadores. De igual forma, aunque la contrastación experimental requiere de planificación y control que garantice la mayor precisión y exactitud posible, no escapa a la creatividad e intuición de los investigadores pues no existe un procedimiento infalible, lineal y rígido. Durante el trabajo experimental surge una diversidad de situaciones que requieren de la experiencia y la inventiva, además del conocimiento de los investigadores.

Estas ideas están claramente expresadas por Feynman (1964), relevante físico del siglo XX:

" ... pero, ¿cuál es la fuente del conocimiento? ¿de dónde vienen las leyes que son contrastadas con el experimento? El experimento, en sí mismo, ayuda a producir estas leyes, en el sentido de que ellos nos dan pistas, indicadores. Pero, también es necesaria la **imaginación** para crear desde estas pistas las grandes generalizaciones – para conjeturar acerca de los asombrosos, simples, pero muy fuertes patrones que están debajo de todas las pistas, y entonces, experimentar para chequear otra vez si nosotros hicimos las conjeturas adecuadas" (Feynman, 1964, tomo. 1, cap. 1)

7. Los resultados empíricos son interpretados a la luz de un marco conceptual; ellos por sí solos no tienen significado. Además, los resultados no anticipados son considerados relevantes en la medida en que ellos puedan adquirir significado, es decir, puedan irse explicando mediante cambios en la estructura teórica o creación de nuevos modelos.

Los resultados pueden mostrar la validez de los modelos teóricos, sin embargo, ellos no son decisivos, intervienen otros criterios para lograr el consenso de la comunidad, por lo tanto, su interpretación será tentativa, ya que los modelos son falibles, independientemente, de resultados confirmatorios.

La historia de la ciencia, incluso reciente, muestra casos de resultados y modelos retadores que, en un momento dado, fueron rechazados por la comunidad científica, y tiempo después terminaron siendo aceptados e inclusive se convirtieron en la razón por la cual les fue otorgado el premio Nóbel a algunos científicos, como es el caso de Hideki Yukawa a quien en 1937 le fue rechazado un artículo de la revista Nature, y en 1949 recibió el premio Nóbel por el mismo tópico<sup>1</sup> del artículo. (Campanario, 2004).

Las macrovisiones antes expuestas, no representan una dicotomía de la actividad experimental científica, sino los polos de un continuo, de los que derivan procedimientos y estrategias diferentes del quehacer científico, y en consecuencia, en el ámbito de la educación en ciencia se desarrollarán formas distintas de implementación del trabajo de laboratorio. Por ello, suponemos que las concepciones que desarrollen los estudiantes acerca del rol de la actividad

---

<sup>1</sup> Premio Nóbel a H. Yukawa por "for his prediction of the existence of mesons on the basis of theoretical work on nuclear forces"

experimental en la ciencia están fuertemente asociadas con el estilo de enseñanza experimentado en el TL.

Al menos en Venezuela, el trabajo de laboratorio en la enseñanza de la física, generalmente, se presenta como una actividad muy estructurada, dejándole al estudiante pocas posibilidades para la toma de conciencia acerca del proceso indagatorio y de la permanente interrelación entre teoría y metodología; y dirigida a la *verificación de leyes o construcción de las mismas por procesos inductivos*. Esta forma de enseñanza, convierte el TL en una actividad de aprendizaje que termina enfatizando lo instrumental y promueve concepciones próximas a la concepción estándar ya descrita. En tal sentido, hemos considerado pertinente confirmar el tipo de concepciones que han desarrollado los estudiantes universitarios en relación con la actividad experimental en la física, para orientar el trabajo de laboratorio en la enseñanza.

Con el fin de describir estas concepciones, se formularon ocho (8) preguntas de investigación.

*Para los estudiantes (universitarios):*

1. *¿Qué implica hacer un experimento en física?*
2. *¿Cuál es el estatus que le asignan al trabajo de laboratorio en física? ¿Con qué finalidad se realizan experimentos en física?*
3. *¿Cómo conciben la relación entre la estructura teórica (teorías, leyes, modelos) y la actividad experimental? ¿Cuáles consideran que son los propósitos de la elaboración de modelos en la física?*
4. *¿Qué criterios consideran que emplean los físicos para establecer la validez de los modelos?*
5. *¿Qué orienta la observación realizada en el laboratorio (descriptiva, cuantitativa)?*
6. *¿Cómo conciben los datos registrados en el laboratorio?*
7. *¿Cómo son interpretados los datos experimentales? ¿Cuál es el rol de la creatividad e imaginación del científico en el trabajo de laboratorio?*
8. *¿Cuál es la importancia y función del intercambio entre pares sobre resultados y conclusiones obtenidas experimentalmente?*

Las preguntas y la caracterización presentada desde las dos macrovisiones sirvió de marco de referencia para la construcción de un instrumento dirigido a la evaluación de dichas concepciones (Andrés y Pesa, 2003), así como para la interpretación de los datos que se recolectan con él.

### **Metodología**

Los procedimientos e instrumentos empleados en el estudio de las concepciones de los estudiantes acerca de la naturaleza de la Ciencia, NC, han evolucionado en el tiempo. Hasta la década de los 80 encontramos instrumentos estandarizados de papel y lápiz, diseñados a partir de modelos teóricos y contruidos con preguntas de respuesta cerrada tales como, afirmaciones asociadas con las diferentes perspectivas epistémicas de la ciencia con una escala de acuerdo/desacuerdo tipo Likert; o enunciados situacionales con un conjunto de opciones para



escoger una, donde cada una indicaba alguna tendencia epistemológica establecida teóricamente. Diversos autores han cuestionado la validez de estos instrumentos; entre las razones dadas están: i) obligan a los estudiantes a escoger entre las visiones de los investigadores imposibilitando poner en evidencia sus propias concepciones, lo que produce poca confiabilidad en los resultados; ii) suponen que los significados que los ítems tienen para los estudiantes son similares a los significados de los investigadores que los diseñaron (Ainkenhead y Ryan, 1992; Abd-El Khalick y Lederman, 2000a).

Por otra parte, las entrevistas para la exploración de las ideas de los estudiantes acerca de la ciencia resultan ser muy ricas, y además, liberan de los mencionados problemas; sin embargo, resultan altamente costosas debido al tiempo que requiere su aplicación y análisis.

Las tendencias actuales se dirigen hacia el uso de instrumentos de pregunta cerrada cuyas opciones resultan de estudios previos, complementadas con entrevistas semiestructuradas (Shapiro, 1996; Ryder y Leach, 2000; Abd-El Khalick y Lederman, 2000a, 2000b). Este método permite establecer una mayor validez y confiabilidad de los resultados del cuestionario, y además, discriminar los significados de los encuestados de los significados de los investigadores.

En atención a estas sugerencias, se diseñó un instrumento escrito (ver Anexo), Concepciones acerca de la Actividad Experimental en la Física (CAEF), de preguntas abiertas que se contextualizan con situaciones que describen actividades experimentales concretas. En el mismo se incluyeron tres situaciones, dos en el ámbito científico y una en el quehacer de la ciencia en la escuela.

Situación I. Se presenta un resumen de un trabajo de investigación en física (óptica) que había sido expuesto en un seminario de un centro de investigación de Venezuela y que involucraba actividades de laboratorio en un contexto científico. Con base al texto, se formulan siete (7) preguntas; cuatro (4) relacionadas con el trabajo experimental reportado, acerca de: i) los propósitos del trabajo experimental, ii) la motivación para su realización, iii) la relación entre modelo y experimento, y iv) la finalidad de la presentación de trabajos entre los pares; y tres (3) preguntas relacionadas con la ciencia en general, sobre la finalidad del trabajo experimental, la relación entre modelo y experimento, y el carácter tentativo del conocimiento científico.

Situación II. Referida a un trabajo de laboratorio en el contexto de un aula de física, y dirigida a explorar las ideas de los estudiantes acerca de las tareas de recolectar, procesar e interpretar datos<sup>2</sup>. En ella se presenta una actividad de laboratorio que realiza un hipotético grupo de estudiantes, típica en los cursos de física<sup>3</sup>. En primer lugar, se solicita un plan de trabajo para lograr el objetivo del TL planteado (planificación del experimento). Posteriormente, se describen acciones de los estudiantes que tomaron diferentes caminos para la recolección y el análisis de datos, respecto de las cuales se solicita que seleccionen la que consideran más adecuada, expresando sus razones.

Situación III. Se presenta una situación relacionada con los resultados de un experimento y la interpretación de estos por parte de dos grupos de investigación<sup>4</sup>, el cual está dirigido a explorar el rol de los datos y los modelos teóricos que los interpretan. Tal como supusieron los autores originales el contenido de física de la situación (superconductividad) se estimó que no

<sup>2</sup> La situación propuesta es una adaptación del instrumento descrito por Buffer y otros (2001)

<sup>3</sup> Caída de una esfera desde una rampa hasta el piso en donde la eta era estudiar la relación entre la altura (distancia entre la mesa y la posición inicial) y la distancia horizontal desde que abandona la rampa hasta que choca con el piso.

<sup>4</sup> La situación es una adaptación del instrumento descrito por Ryder y Leach (2002)

era del dominio de los estudiantes a quienes iba dirigido el instrumento, con la intención de evitar que las respuestas se orientaran más por el conocimiento, que por sus concepciones respecto de la ciencia. Además, en el planteamiento no se daban detalles específicos de los modelos teóricos que emplearon los grupos de investigación para la interpretación de los datos con el fin de que los estudiantes no entrasen en su análisis. La mayoría de las preguntas se formularon abiertas excepto un grupo que contenía una escala de tres grados de acuerdo con la justificación.

El instrumento CAEF recababa información para dar respuesta a las ocho (8) preguntas de investigación citadas, lo que para la mayoría se obtiene de diversos ítems del cuestionario, con el fin de hacer una triangulación interna. En el Cuadro 1, se presenta la correspondencia entre estas ocho preguntas y los ítems de las tres situaciones del Instrumento CAEF que suministran información relevante acerca de ellas.

El instrumento CAEF fue revisado por tres especialistas (en física y en enseñanza de la física) en cuanto al lenguaje y a la correspondencia entre lo que se desea conocer, y las situaciones y preguntas del instrumento. Posteriormente, se realizó una validación con una muestra de doce (12) estudiantes del profesorado de Física. Cinco de los cuales fueron entrevistados con el fin de indagar con más profundidad en sus significados ante cada pregunta y respuesta; ello permitió mejorar la redacción de las preguntas y la comprensión de sus respuestas.

**Cuadro 1.** Correspondencia entre las cuestiones del Instrumento: Concepciones acerca de la Actividad Experimental en la Física, CAEF, y las Preguntas de Investigación.

Preguntas	Instrumento CAEF		
	Situación I	Situación II	Situación III
<i>PI.01</i>		A	
<i>PI.02</i>	A-E-B	A	
<i>PI.03</i>	C-F-G	A-D.I	C.5-C.6
<i>PI.04</i>	D	D.2	C
<i>PI.05</i>		A-B	
<i>PI.06</i>		B-C	C.1-C.2-C.3-C.4-C.6
<i>PI.07</i>		D.1	A-B-C
<i>PI.08</i>	D	D.2	C.5-C.6-C.7

En el estudio participaron treinta y siete (37) estudiantes universitarios de dos carreras: física y docencia en física, con distinto número de cursos de laboratorio de física aprobados. El instrumento se aplicó entregando cada parte en forma consecutiva; el tiempo promedio para completarlo fue de 45 minutos.

## Análisis de los Datos

Las respuestas a las preguntas abiertas fueron categorizadas con base a su contenido; cada grupo fue clasificado según la correspondencia que tuviese con las caracterizaciones epistémicas establecidas, en: CE o CNE, y cuando se consideraba que no había asociación se asignó el valor neutro N.

Posteriormente, cinco profesores de física cursantes de la maestría en Enseñanza de la Física, participaron como validadores. A cada docente se le entregaron las respuestas de los 37 encuestados y el conjunto de categorías establecidas para cada pregunta, con el fin de que establecieran una asociación entre ambas, y opinaran acerca de la clasificación (CE, CNE o N) asignada a cada una de las categorías.

Los resultados producidos fueron discutidos en colectivo, llegando por consenso al sistema de categorías empleado para el análisis final de los datos.

## Resultados

I. A continuación se presentan los resultados del análisis en atención a las ocho (8) preguntas de referencia.

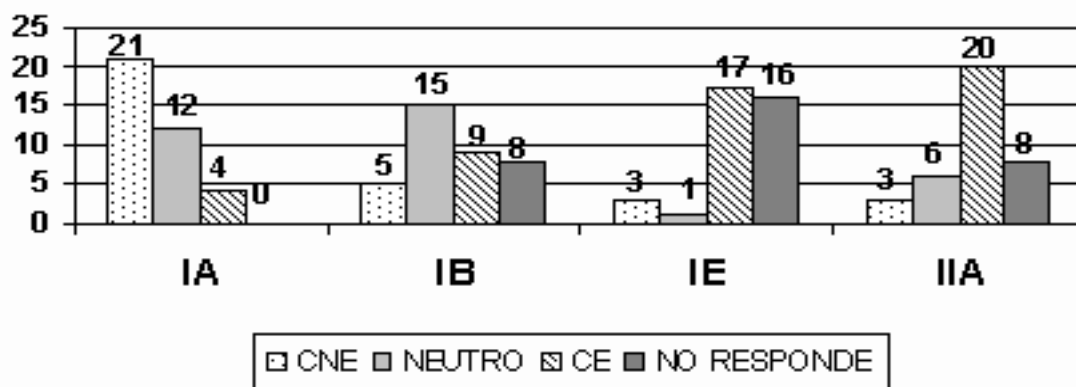
### PI.1. *¿Qué implica para los estudiantes hacer un experimento en física?*

La mayoría de los estudiantes de este grupo consideró que diseñar un experimento implica: *hacer y procesar medidas independientes de los modelos* (19; 51%). Sólo tres estudiantes interrelacionan el diseño con los modelos teóricos tanto para efectos de medición como de análisis. Los resultados muestran que para este grupo, el diseño de los experimentos es una tarea muy restringida, que está dirigida a establecer qué medir y cómo medir (lo cual tradicionalmente lo establece el docente), sin interrelacionar los modelos teóricos y el fenómeno en estudio, por lo que parecieran tener una concepción de diseño cercana a la visión CE (ítem II A, 20 (54%) Figura 1).

### PI.2. *¿Cuál es el estatus que asignan los estudiantes al trabajo de laboratorio en física? ¿Qué finalidad le atribuyen a la realización de experimentos en física?*

En el gráfico de la Figura 1 se representan los resultados de los ítems asociados con la PI 2, acerca de los motivos que llevan a hacer el experimento descrito en el instrumento (ítem IA, IB, IE, IIA). En el ítem IA, predominó la respuesta: *surge del análisis de la teoría o de las observaciones previas*, lo que indicaría una concepción epistemológica CNE. En el ítem IB predomina una concepción neutral, mientras que en la pregunta IE referida a un caso general, la mayoría (No.:17, 46%) consideró que *la actividad experimental era para comprobar leyes o para descubrir leyes nuevas*, esta concepción predominante se consideró próxima a la CE (Figura 1), con ello se contrastan los significados de los estudiantes en la respuesta a la pregunta IB, donde predominaba una visión neutral, mostrando que la respuesta depende de la situación particular.

Las descripciones predominantes en la pregunta IIA (diseño de un experimento), muestran dos tendencias tipificadas como visión del tipo CE: i) la que prioriza lo teórico sobre lo experimental, y en consecuencia, lo importante es la medición para ratificar el valor correcto; y ii) aquella donde no hay relación entre teoría-experimento y la medición es para descubrir relaciones.

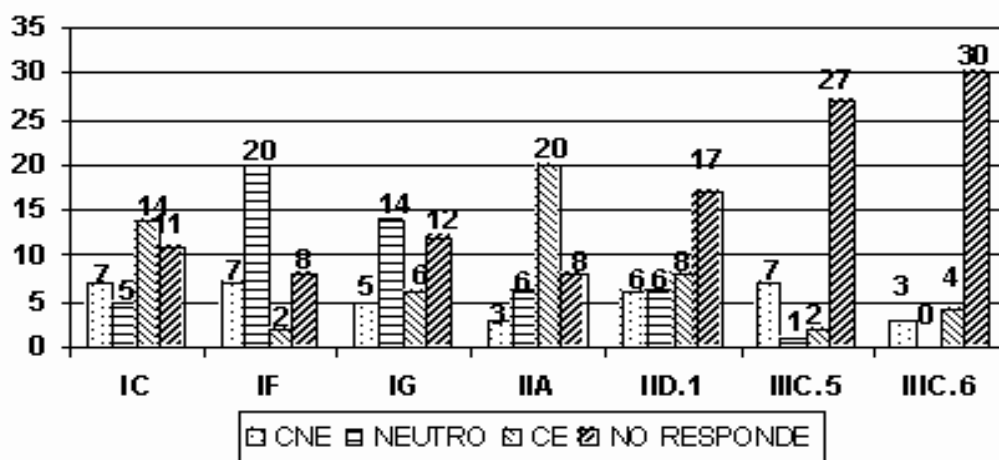


**Figura 1.** Visión epistemológica predominante en los ítem del Instrumento CAEF, que corresponden a la Pregunta de Investigación 2 (No.:37).

*PI.3. ¿Cómo conciben los estudiantes la relación entre la estructura teórica (teorías, leyes, modelos) y la actividad experimental? ¿Cuáles propósitos consideran que tiene la elaboración de modelos en la física?*

Esta pregunta contempla dos aspectos esenciales: i) el estatus o la función que tienen la teoría y el experimento en la ciencia, y ii) la manera en que ambas se interrelacionan en los diferentes momentos del quehacer experimental. En este sentido tenemos que las preguntas I.C, I.F, I.G dan cuenta de lo primero, y las preguntas IIA, IID.1 y IIIC.5 y IIIC.6 informan sobre lo segundo.

49% (18 de los 20 neutros) manifestó que *la teoría es necesaria para el experimento* (pregunta IF, Figura 2). Sin embargo, en cuanto a la relación teoría-experimento, al igual que en la Pregunta de Investigación 2, surgen dos tendencias próximas a la visión CE (No.:14, 38%): *las leyes se construyen o verifican con los experimentos* y *los experimentos aportan métodos para aplicar la teoría* (pregunta IC, Figura 2). También predomina la concepción de que *los resultados experimentales son el único criterio para la modificación de las teorías* (No.: 14, 38%) (pregunta IG, Figura 2)



**Figura 2.** Visión epistemológica predominante en los ítems del Instrumento CAEF, que corresponden a la Pregunta de Investigación 3 (No.:37).

La actividad propiamente experimental es vista como separada de la teoría, como lo muestran los diseños expuestos ante la pregunta IIA; donde se encontró que el foco estaba en la medición, la recolección de datos, de forma aislada.

También, parece que la tarea de *interpretar los datos* es una actividad científica que no tiene significado para estos estudiantes, ya que en todas las preguntas donde se les solicitaba opinar o indicar qué hacer para interpretar, un alto número no respondió (**preguntas: IID.1; IIIC.5 y IIIC.6**; Figura 2). Además, en la pregunta IID.1 se observa que entre los estudiantes que responden (54%), seis dieron sugerencias que no tenían que ver con la interpretación de resultados (N); ocho dicen que las relaciones entre variables surgen de los datos (CE); y seis analizan la relación funcional entre los datos en atención a un posible modelo (CNE) (Figura 2).

Se puede concluir que este grupo de 37 estudiantes toma en cuenta la teoría sólo para obtener un valor de referencia que consideran el verdadero, cuyo origen es empírico, es decir, no deriva de modelo teórico; en consecuencia, el trabajo experimental es sólo para verificarlo. Por lo que se consideró que la visión predominante entre los estudiantes acerca de la interrelación entre lo teórico y lo experimental está más próxima a la perspectiva epistemológica estándar que a la no estándar.

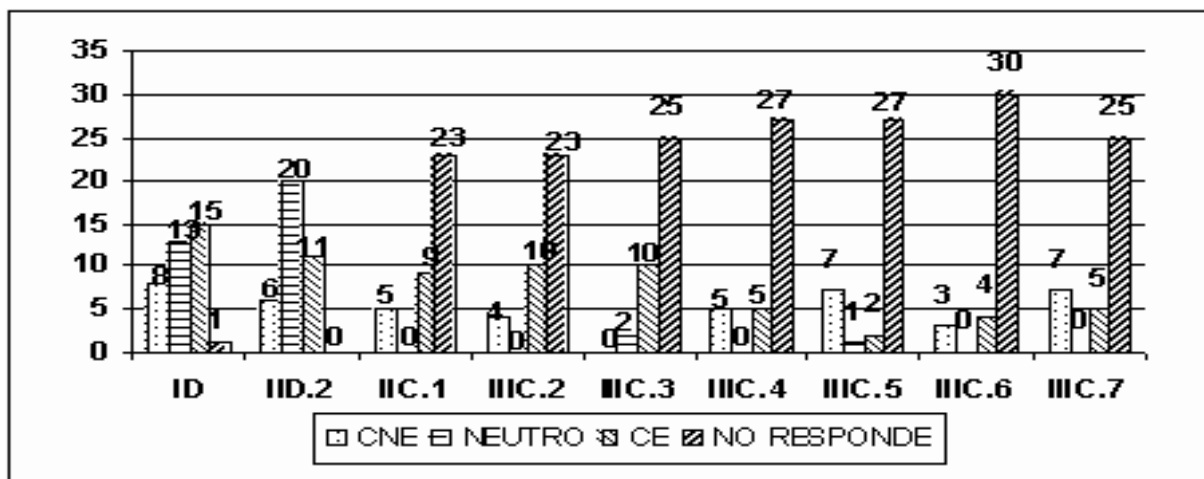
*PI.4. ¿Qué criterios consideran los estudiantes que emplean los físicos para establecer la validez de los modelos?*

En el cuestionario se incluyen dos preguntas relacionadas con este tópico, una en la situación educativa (Parte II, pregunta D.2) y otra en la situación científica (Parte III, pregunta C), complementadas con la pregunta I.D. Los resultados globales en cada ítem, en términos de la valoración según la visión epistemológica, se representan en la Figura 3.

Derivado de la opinión de los estudiantes se tiene que son pocos los que consideran el consenso del colectivo como un criterio para validar o aceptar un modelo, (pregunta ID, CNE: 22%; Figura 3). En el ámbito educativo, les parece natural y necesario que se haga una presentación y debate de los resultados de los grupos de trabajo de laboratorio, con el fin de encontrar *el resultado correcto* (pregunta IID.2, CE: 54%; Figura 3).

La pregunta IIIC planteaba la posibilidad de que el grupo de científicos discutiera sobre la aceptación de más de un modelo interpretativo y las acciones a tomar ante la dualidad, se observa que fueron pocos los estudiantes que respondieron. Entre ellos, la mayoría consideró necesario aceptar sólo a uno de los grupos (ítems IIIC.1 y IIIC.2) y además, recolectar más datos para disminuir los errores y encontrar *el modelo correcto* (preguntas: IIIC.3 (CE: 10, 27%) y IIIC.4 (CE: 5, 13,5%); Figura 3). Nuevamente, son sólo siete estudiantes los que consideran el consenso como criterio de validación de los modelos (pregunta: IIIC.7 (CNE:7, 18,8%), Figura 3). Cuatro estudiantes indicaron que se debe establecer cuál es el modelo más confiable, y tres manifiestan necesario lograr una respuesta por consenso (pregunta: IIIC.5 (CNE:7, 18,8%), Figura 3).

En síntesis, en este grupo predomina: i) la idea de mejorar la precisión del experimento para poder confiar en los resultados, pues estos son la única vía para aceptar o rechazar el modelo en validación; ii) las reuniones del colectivo de investigadores son para difundir los resultados, o en todo caso para debatir en busca de una interpretación única y correcta. Estas ideas evidencian un fuerte sesgo hacia la visión estándar (CE).



**Figura 3.** Visión epistemológica predominante en los ítems del Instrumento CAEF, que corresponden a la Pregunta de Investigación 4 (No.:37).

*PI.5. ¿Qué elementos consideran los estudiantes que orienta la observación realizada en el laboratorio (descriptiva, cuantitativa)?*

El diseño de la observación experimental, para este grupo de estudiantes, se centra en planificar el qué y el cómo medir las variables relevantes del estudio. Si bien estas variables surgen del problema o de la teoría que lo sustenta, sólo se observa el uso de la expresión matemática del modelo teórico para seleccionar las variables, y no la significación del modelo teórico como un todo. En cuanto al cómo medir, se centran en la selección del instrumento, con un carácter sólo instrumental (Ítem IIA, Figura 2). En consecuencia, las respuestas al ítem IIB ponen en evidencia que los datos serán válidos y confiables en la medida en que se tenga más cantidad y se disminuya el error, ya que a partir de ellos se emitirán juicios y conclusiones (una sola medida no es suficiente: 75%, sin embargo, entre ellos predominaron dos posiciones: los que consideran que realizar varias medidas es para alcanzar mayor precisión y confiabilidad: 33%, y los que piensan que hay que efectuar varias medidas para poder acercarse al valor correcto y eliminar equivocaciones: 22%)

*PI.6. ¿Cómo conciben los estudiantes los datos registrados en el laboratorio?*

Las respuestas a la pregunta IIB muestran acuerdo respecto a que una sola medida no es suficiente (75%). Sin embargo, en el grupo predominaron dos posiciones: los que consideran que realizar varias medidas es para alcanzar mayor precisión y confiabilidad (33%), y los que piensan que hay que efectuar varias medidas para poder acercarse al valor correcto y eliminar equivocaciones (22%). Estos resultados se corresponden con los de la pregunta IIIC.3, donde la mayoría valoró la recolección de más datos para dilucidar entre las dos interpretaciones. No se tiene en cuenta que la repetición de mediciones es una metodología adecuada para evaluar las fluctuaciones aleatorias, pero no aumenta mayor precisión al método de medición.

Por otra parte, consistente con lo anterior, en la pregunta IIC se tiene que sólo 24% de los estudiantes representó el conjunto de medidas dadas, con el promedio y su desviación; mientras que 30% estimó que bastaba con el promedio, lo cual pareciera poner en evidencia la idea de que las medidas son correctas en sí mismas.

Estos resultados se asemejan a los reportados por Bluffer, Allie, Lubben y Campbel (2001), quienes señalan que entre estudiantes universitarios predominaba el *paradigma punto* sobre el

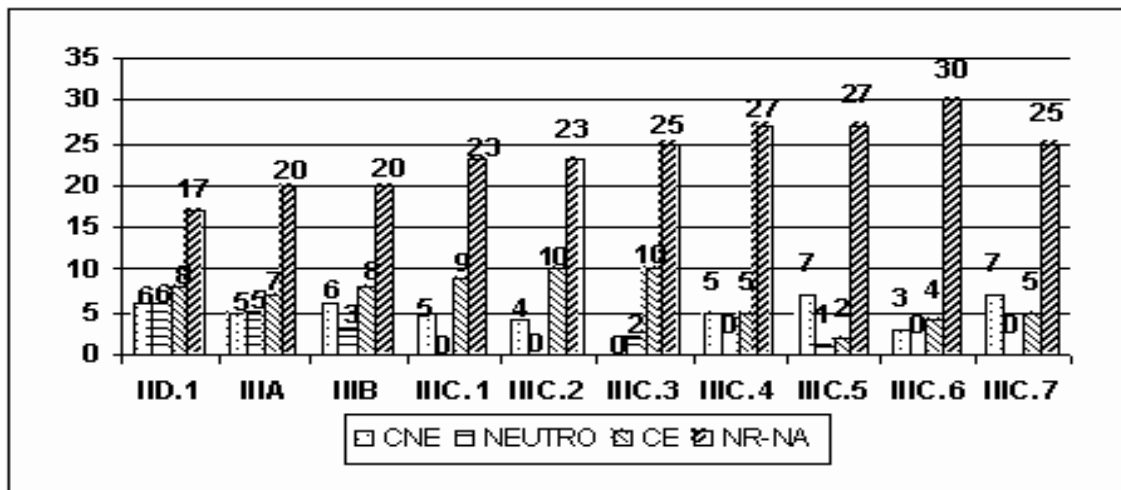
*paradigma conjunto*. Los autores consideran como *paradigma punto* a la concepción de que cada medida en sí misma es verdadera, por lo cual repetir la medida es sólo necesario para descartar equivocaciones, y los errores experimentales no tienen significado. En cambio, el *paradigma conjunto* se refiere a la noción de que cada medida es una aproximación al valor verdadero, y por ello se requiere establecer la incerteza, en consecuencia, resulta necesario realizar varias medidas para tener una idea de la dispersión de éstas.

*PI.7. ¿Cómo son interpretados por los estudiantes los datos experimentales? ¿Qué rol le asignan a la creatividad e imaginación del científico en el trabajo de laboratorio?*

La actividad experimental de interpretar datos parece ser poco conocida por este grupo de estudiantes. Las preguntas referidas a ello, tanto las que solicitan señalar cómo hacer la interpretación (IID.1; III. A), como aquellas en donde se indica alguna acción concreta al respecto y se solicita la opinión (III. B y C), fueron respondidas por pocos estudiantes (Figura 4).

Entre los que responden predominaron las respuestas de tipo CE, como por ejemplo, *obtener una relación funcional de los datos sin modelar; considerar que de los datos hay que obtener siempre una conclusión única o correcta; no aceptar más de una interpretación para un conjunto de datos*, entre otras.

Resultados semejantes han sido reportados por otros autores; por ejemplo, Ryder y Leach (2000) en un estudio con alumnos (No.:900) del último año de la secundaria y primeros de la universidad, encontraron que la respuesta más popular acerca de la interpretación de los datos se centraba en la calidad y cantidad de estos; eran pocos los que consideraban el rol de los modelos en esta actividad experimental, inclusive 20% indicó que considerar los modelos para decidir entre dos interpretaciones era inadecuado. Igualmente, Bluffer, Allie, Lubben y Campbel (2001) reportaron que con estudiantes universitarios (antes de la instrucción) predominó la visión centrada en las medidas como valores correctos y con significado en sí mismas.



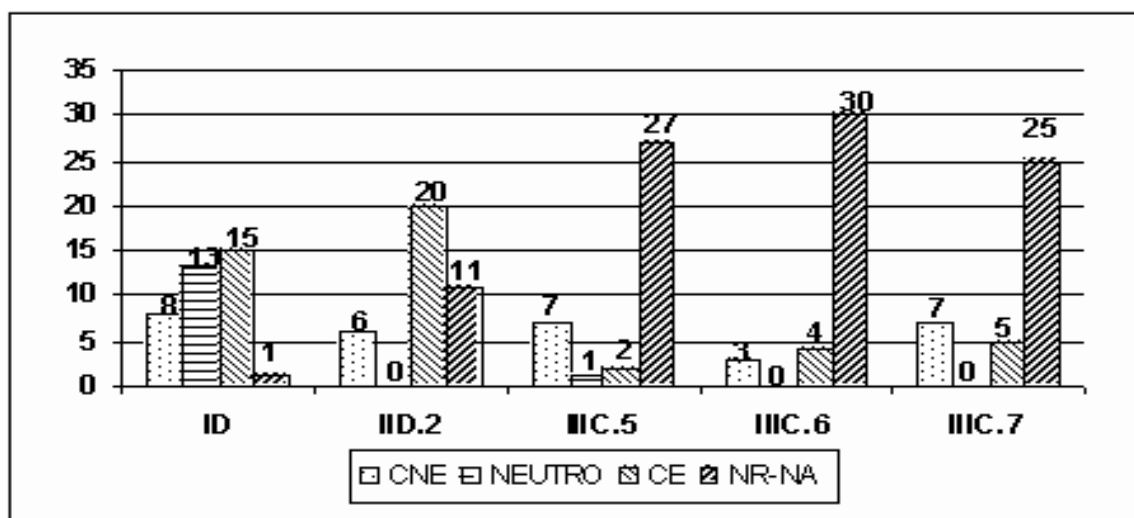
**Figura 4.** Visión epistemológica predominante en los ítems del Instrumento CAEF, que corresponden a la Pregunta de Investigación 7 (No.:37).

*PI.8. ¿Cuál es la importancia y función que los estudiantes asignan al intercambio entre pares sobre resultados y conclusiones obtenidas experimentalmente?*

El quehacer de la ciencia es una actividad colectiva; si bien los investigadores o grupos de ellos trabajan en problemas específicos, la producción de conocimientos requiere del

intercambio, debate y consenso de los pares. De allí que el comunicar los resultados y someter a la crítica externa las producciones, tanto teóricas como experimentales, sea una forma de validación y de control social dentro de la ciencia.

Al respecto, en este grupo de estudiantes predomina la idea de que estos encuentros son para: *dar a conocer a otros los resultados obtenidos* (ámbito científico, pregunta ID, No.: 13, Figura 5); o *debatir para llegar un resultado correcto* (ámbito educativo, pregunta IID.2, CE:20, Figura 5). Se puede decir que para esta muestra, la comunidad científica no tiene una función decisoria en la aceptación o rechazo de los resultados experimentales; esto deriva de la calidad del experimento, lo que se logra, básicamente, con el incremento en el número de medidas y el control, ya que así se garantizan datos confiables. Estas ideas se enmarcan en la concepción estándar que ha sido descrita en este trabajo.



**Figura 5.** Visión epistemológica predominante en los ítem del Instrumento CAEF, que corresponden a la Pregunta de Investigación 8 (No.:37).

Para finalizar este análisis presentaremos la concepción predominante en el grupo en cada una de las ocho preguntas de investigación que se plantearon. A tal efecto se determinó por cada estudiante la moda en cada pregunta de investigación, con los valores obtenidos en el conjunto de ítems asociados a dicha pregunta<sup>5</sup>. Y se determinó la frecuencia de las modas para cada categoría de concepción acerca del laboratorio, lo cual se representa en la Figura 6. En ella se visualiza que para el grupo de estudiantes encuestado, la concepción predominante en las ocho preguntas de investigación fue la *Concepción Estándar*.

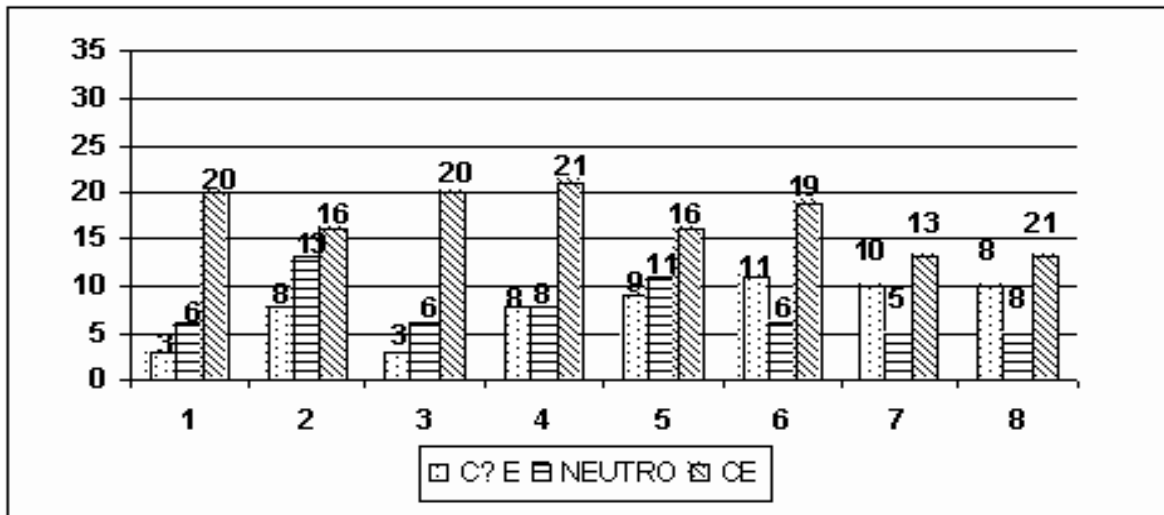
**II.** La concepción predominante obtenida por cada situación planteada se presenta por estudiante y para la totalidad del grupo de estudiantes en las Figuras: 7a, 7b y 8. Para determinar la concepción predominante se efectuó el cálculo de la moda entre los valores en las preguntas asociadas con cada situación, siguiendo los mismos criterios mencionados en la sección anterior. En las figuras 7a y 7b se pone en evidencia que en este grupo de estudiantes predomina la concepción estándar acerca de la actividad experimental en las situaciones II y III, manteniéndose una equivalencia para las concepciones CE y CNE ante la situación I.

<sup>5</sup> - No. de CNE = No. de CE; ó No. de CNE = No. de CE = No. de neutro, se consideró Neutro.

- No. de CNE = No. de neutro, se consideró CNE

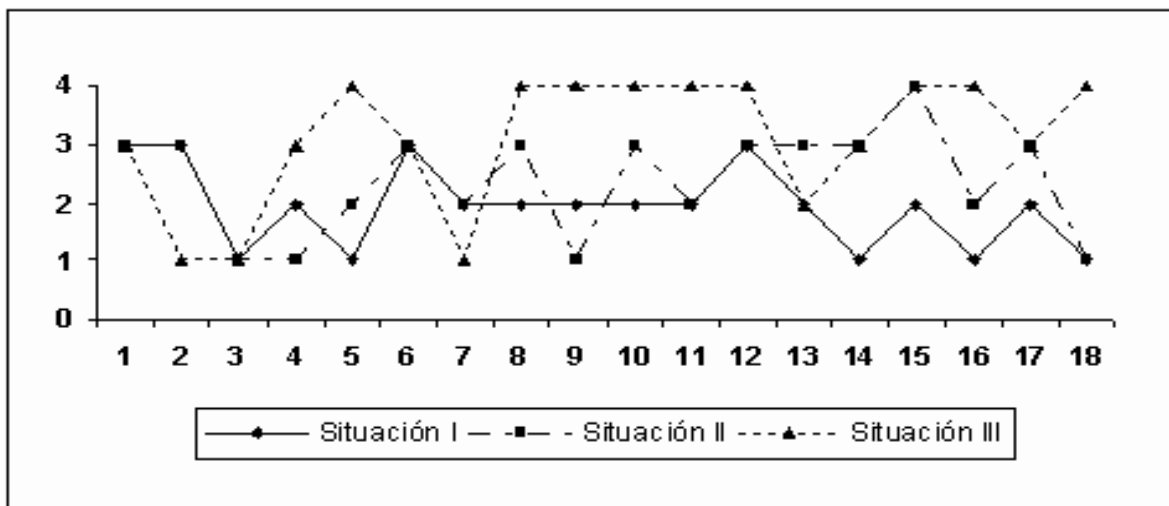
- No. de CE = No. de neutro, se consideró CE.





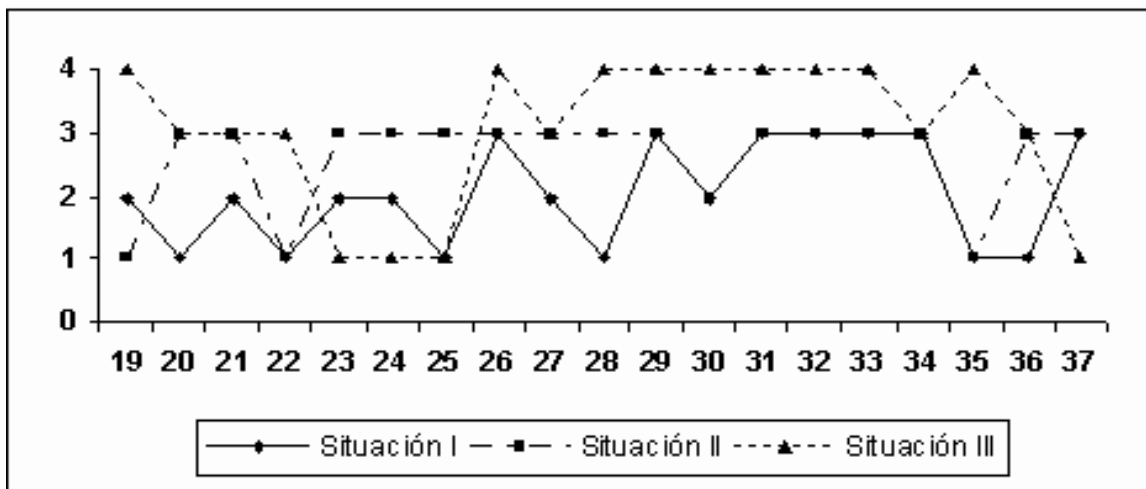
**Figura 6.** Visión epistemológica predominante en las ocho Preguntas de Investigación, según los resultados obtenidos con el Instrumento CAEF (No.:37).

En el gráfico 8 se puede observar, que en la situación I la concepción estándar resultó con igual frecuencia que la concepción no estándar, mientras que en las situaciones II y III la visión predominante es la concepción estándar, siendo mayor en la Situación II. El contexto de la situación II es un experimento clásico en el aula de laboratorio, por lo que pareciera que para este grupo de estudiantes, el trabajo experimental en la ciencia se diferencia del laboratorio en el ámbito educativo; al cual conciben como más próximo a la visión inductivista (CE) que a las tendencias actuales de la ciencia (CNE).

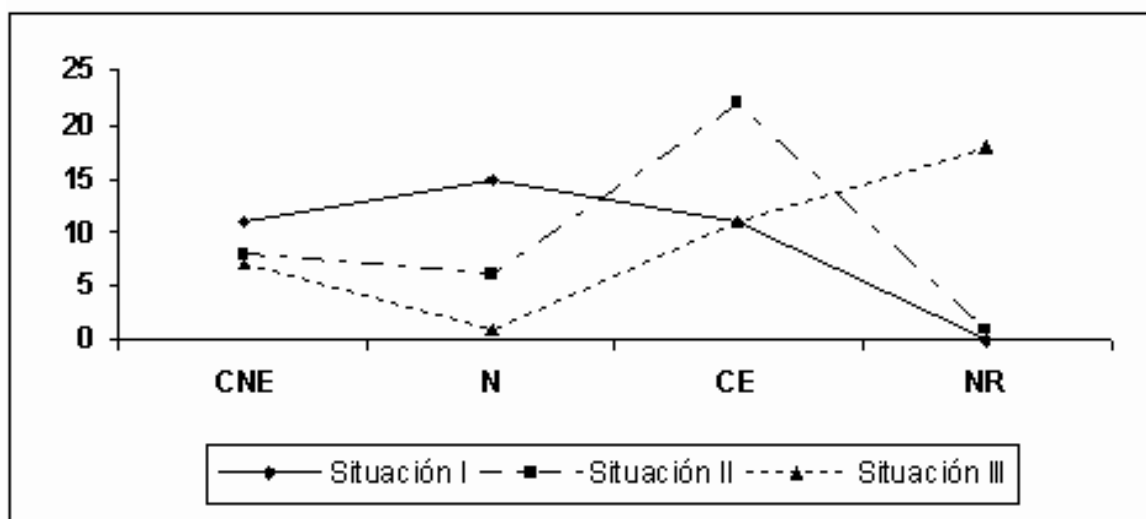


**Figura 7a** Visión epistemológica predominante en cada estudiante en función de la Situación presentada en el Instrumento CAEF Estudiantes 1-18.

Por otra parte, en la Situación III, cuyo énfasis estaba en conocer lo que significa para los estudiantes *interpretar datos de un trabajo experimental*, se dio un alto número de casos que no responden (49%). Lo mismo ocurrió con la pregunta D.1 (ver figura 2), de la Situación II que tiene la misma intención, (46% no respondió). Ante estos resultados cabe la posibilidad de que estos estudiantes no hayan tenido experiencia con esta tarea experimental, y por ello no tengan criterios ni conocimientos para actuar ante tal demanda.



**Figura 7b** Visión epistemológica predominante en cada estudiante en función de la Situación presentada en el Instrumento CAEF Estudiantes 19-37.



**Figura 8.** Visión epistemológica predominante para el grupo total en función de cada Situación expuesta en el Instrumento CAEF, y general (No.:37).

### Conclusiones

En relación con la metodología, se concluye que el uso de preguntas similares dentro de diferentes contextos (experimentos científicos y trabajo de laboratorio educativo) para la obtención de información acerca de un mismo aspecto (pregunta de investigación), permitió mayor fiabilidad de resultados y en las declaraciones que se derivan de ellos. Así mismo, como lo han sugerido diversos autores (Ryder y Leach, 1999; Murcia y Schibeci, 1999; Bluffer, Allie, Lubben y Campbell, 2001) el uso de descripciones de situaciones experimentales concretas, permitió que los estudiantes dieran respuestas más concretas que facilitaron la inferencia de sus concepciones.

En relación con la visión acerca de la actividad experimental, el grupo de estudiantes encuestados evidenció concepciones que están próximas a la concepción estándar. Encontramos que para ellos:

- i) El trabajo experimental resulta ser una actividad científica aislada y autoconsistente, dirigida a verificar y comprobar la teoría o a descubrir nuevas leyes. En el desarrollo del trabajo experimental: diseño del experimento, recolección, procesamiento e interpretación de los datos, predominó el énfasis en los procedimientos y los datos, sin interrelación con los modelos, lo cual se puede asociar con concepciones inductivistas (Chalmers, 1998).
- ii) El diseño experimental implica para ellos, básicamente, establecer qué y cómo medir, donde el referente teórico es utilizado sólo para seleccionar las variables y el valor que deben obtener. No perciben el diseño y montaje del experimento íntimamente relacionado con las variables significativas a medir y las relaciones que se desean estudiar, por lo que no hay toma de decisiones para el montaje del experimento y los procedimientos de medición derivadas de algún modelo de referencia. Se podría pensar que estas respuestas se deben a que las mediciones (distancia, altura, temperatura, resistencia eléctrica) que se planteaban en las situaciones del cuestionario no ofrecían mayores dudas acerca de cómo medirlas y de la fiabilidad de su procedimiento. Aunque al analizar la enseñanza en el laboratorio, por lo general, encontramos que las variables a medir y los procedimientos correspondientes para ello son preestablecidos por el profesor, con lo que el estudiante no se enfrenta a la toma de decisiones al respecto y no toma conciencia de que las teorías guían los experimentos; ello puede contribuir al desarrollo de nociones distorsionadas como las encontradas en las descripciones de diseños experimentales dadas por los estudiantes de esta investigación.
- iii) Aunque consideran necesario repetir las medidas para disminuir el error aleatorio, conciben a las medidas como válidas en sí mismas, y no como rangos de valores en los cuales es probable encontrar la medida. Además, la mayoría espera obtener en el laboratorio un valor único y verdadero. Pareciera entonces que predominan entre estos estudiantes ideas propias del realismo, donde las teorías describen exactamente el mundo físico (Chalmers, 1998).
- iv) La interpretación de los datos es una actividad con poco significado para estos estudiantes; la mayoría concibe que esta tarea implica hacer el gráfico, dibujar la curva que mejor se ajuste a los datos y calcular los parámetros que la caracterizan. Le dan mucha importancia a la calidad y cantidad de los datos a ser interpretados, o a la calidad de las representaciones gráficas de los datos; con miras a encontrar el valor único y la interpretación correcta, por lo que la mayoría, ante resultados experimentales que presentan discrepancias, proponen acciones dirigidas a alcanzar la igualdad y la respuesta común; acciones que se centran en los datos, es decir, en tener más medidas, mejorar los procedimientos de medición, entre otras, y sin establecer vínculos entre el análisis y los modelos teóricos.
- v) Por último, el intercambio en el seno de la comunidad, tanto de la ciencia como del ámbito educativo, es considerado importante por este grupo de estudiantes, sin embargo, la finalidad principal es la divulgación y la búsqueda de vías que permitan llegar al resultado correcto. Muy pocos estudiantes le dieron cabida a posiciones relativistas, donde la existencia de modelos alternativos para abordar el mundo físico sea aceptada.

Los resultados encontrados en este trabajo no difieren mucho de los reportados por autores que han trabajado con poblaciones de otros niveles educativos y ámbitos culturales (Murcia y Schibeci, 1999; Ryder y Leach, 1999, 2000; Bluffer, Allie, Lubben y Campbell, 2001), por lo que pudiera pensarse que es una problemática bastante general de la enseñanza de la física.

De este trabajo se derivaron varios productos, uno de ellos es el sistema de categorías de respuesta con su valoración de acuerdo a las dos concepciones establecidas, así como una metodología para el análisis y la interpretación de las respuestas que se obtienen de la aplicación

del instrumento CAEF. También se construyó una versión del CAEF con preguntas cerradas que se espera pueda ser aplicado a una población más grande para su validación. En este último caso, aún cuando el sistema de categorías representa una síntesis de las ideas y el lenguaje de los propios estudiantes, se sugiere que la aplicación de la versión del instrumento CAEF de preguntas cerradas, se acompañe con entrevistas a fin de garantizar confiabilidad y profundidad en los significados de los estudiantes (Andrés, 2005).

Sería relevante estudiar la relación entre la visión epistemológica acerca de la actividad experimental desarrollada por los estudiantes con otras variables como: carrera, sexo, nivel académico del estudiante, tipo de curso de laboratorio, otros; a fin de profundizar en los factores que pudieran estar contribuyendo con el desarrollo de dichas concepciones.

También consideramos relevante el estudio sobre la visión que tienen estudiantes universitarios acerca de la actividad experimental en otras disciplinas como biología o química, para ello sería conveniente el diseño de instrumentos semejantes que incluyan situaciones experimentales concretas, ya que el instrumento CAEF se enmarcó en el área de la física, y los resultados no permiten decir nada acerca de la concepción de los estudiantes en otras disciplinas.

Derivado de estos resultados, parece inminente la necesidad de introducir cambios en la forma en que se está implementando el trabajo de laboratorio en la enseñanza de la física. Algunas de las transformaciones más determinantes que proponemos sean evaluadas pueden ser: involucrar al estudiante en la toma de decisiones con relación a las diferentes tareas a ejecutar durante el desarrollo del experimento en atención a los modelos teóricos seguidos; analizar y reflexionar acerca de la manera en que se interrelaciona el modelo y el experimento en los diferentes momentos del trabajo de laboratorio; discriminar las tareas de procesamiento, transformación y análisis de interpretación de los datos; propiciar situaciones de laboratorio en los que surjan resultados discrepantes entre sí, o discrepantes con el modelo; y promover la discusión argumentativa acerca de los resultados y la toma de decisiones en colectivo, entre otras.

## Referencias

- Abd-El Khalick, F. y Lederman, N. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22(7) 665-701.
- Abd-El Khalick, F. y Lederman, N. (2000b). The influence of History of Science Courses on Student's Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(10) 1057-1095.
- Ainkenhead, G. y Ryan, A. (1992). The development of a New Instrument: "View on Science - Technology- Society"(VOST) *Science Education* 76 (5) 477-491.
- Andrés, Ma. M. (2005). *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y didácticas: caso carrera de docentes de Física* Disertación Doctoral Universidad de Burgos España.
- Andrés, Ma. M. (2003). El docente de física en servicio: concepciones y desempeño en el aula *Paradigma*. XXIV(2) Dic., 57-86 Venezuela.

- Andrés, Ma. M. y Pesa, M. (2003). Criterios para la evaluación de las concepciones de estudiantes de profesorado de Física acerca de la actividad experimental en la Ciencia. *I Encuentro Iberoamericano sobre Investigación en Educación en Ciencias Actas* ISBN 84-95211-82-3, Universidad de Burgos, Burgos, 443-458
- Andrés, Ma. M. y Riestra, J. (1999). *Caracterización socioprofesional y modelo didáctico de los docentes de ciencias, III etapa de Educación Básica y Educación Media Diversificada, Fase I*. Reporte de investigación. Caracas: CONICIT.
- Arruda, S. y Laburú, C. (1998). Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências Questões atuais no ensino de Ciências. *Educación para a Ciencia* (2) 3-60.
- Buffler, A; Allie, S.; Lubben, F. y Campbell, B. (2001). The development of first year physics student' ideas about measurement in terms of point and set paradigms *International Journal of Science Education*. 23(11) 1137-1156.
- Bunge, M. (1975). La investigación científica. España: Edt. Ariel. Barcelona. (primera edición en castellano e inglés 1969).
- Campanario, J.M. (2004). *Rejecting Nobel class papers and resisting Nobel class discoveries* (Tomado de: ww2.uah.es/jme/, diciembre 2004).
- Chalmers, A. (1998). *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* España: Siglo XXI ISBN 84-323-0426-3
- Cudmani, L., Salinas, J. y Jaén, M. (2000). *Epistemología de la Física. Tópicos introductorios*. Fac. Ciencias Exactas y Tecnología. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Damiani, L. (1997). *Epistemología y Ciencia en la Modernidad*. Caracas: Eds. FACES-UCV, Universidad Central de Venezuela. Premio Bienal APUCV al libro de texto universitario, 1997.
- Duschl, R. (2000). Making the nature of science explicit. In Millar, R., Leach, J. Y Osborne, J. *Improving science education*. Open University Press. Philadelphia. ISBN 033520645X (pb), 187-206.
- Fernández, J. y Elortegui, N. (1996). ¿Qué piensan los docentes de cómo se debe enseñar Ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*. 14(3) 331-342.
- Feynman, R.; Leighton, R. y Sands, M. (1964). *The Feynman Lecture on Physics* Addison-Wesley Publishing Company. Cap. 1.
- Gell-Mann, M. (1994). *El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo* Barcelona: Tusquets Editores, S.A. ISBN 84-722-844-X
- Geymonat, L. (1998). *Historia de la Filosofía y de la Ciencia*. CRÍTICA. Grijalbo. (1ra edición 1979).
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12(3) 299-313.

- Islas, S. M. y Pesa, M. (2001). Futuros Docentes y Futuros Investigadores se expresan sobre el Modelado en Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 23(3) 319-328.
- Lang Da Silveira, F. (1996). A metodología dos programas de pesquisa: A epistemología de Imre Lakatos. *Atas da III Escola Latinoamericana sobre pesquisa em Ensino de Física*, Porto Alegre. 105-113.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Editorial Alianza Universidad. Edición castellano.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas*. Madrid: Edt. Encuentro.
- Moreira, M. A. y Ostermann, F. (1993). Sobre ensino do Método Científico *Caderno Catarinense*. 10(2) 108-117.
- Murcia, K. y Shibeci, R. (1999). Primary students teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*. 21(11) 1123-1140.
- Papp, D. (1961). *Historia de la Física*. Madrid: Espasa Calpe Cap IV, 5-72
- Pesa, M. (2000). La epistemología de Laudan: Aportes significativos a las investigaciones educativas en ciencias. En Moreira, M., Caballero, C. y Meneses, J., (eds) *I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. España: Universidad de Burgos. 103-200
- Pesa, M. (2002). La concepción estándar de las ciencias y las propuestas superadoras – Algunas implicancias para la educación en ciencias. En Andrés, M. (ed) *Investigación en enseñanza de la física. Memorias de la IV Escuela Latinoamericana*. Venezuela: Universidad Pedagógica Experimental Libertador
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 16(2) 271-286.
- Ryder, J. y Leach, J. (2000). Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students. *International Journal of Science Education*. 22(10) 1069-1084.
- Shapiro, B. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the 'Face of science that does not yet know' *Science Education*. 80(5) 535-560.

## **Anexo**

### **Instrumento Concepciones de los Estudiantes acerca de la Actividad Experimental en la Física, CAEF,**

#### **Versión pregunta abierta**

#### **PARTE I**

A continuación encontrarás el resumen de un trabajo presentado en un seminario de física; estos seminarios son realizados periódicamente por los grupos de investigación de dos centros de física.

Lee el resumen y responde a las preguntas dadas a continuación. Las preguntas no se refieren al contenido, sino al proceso.

### "Caracterización óptica de películas de un material X soportadas sobre vidrio"

"Se estudia la aplicación de las ecuaciones para la transmisión y reflexión de luz polarizada a través de un sistema, formado por una película delgada entre dos medios semi-infinitos. Se describen diversas correcciones que se introducen para tomar en cuenta la dependencia del índice de refracción con el ancho de la película y con la longitud de onda. Se ilustra la aplicación de la transformada de Kramers-Krönig para la derivación de la parte real del índice de refracción y una metodología para su implementación. Se efectúan experimentos de reflectancia a incidencia normal para determinar la validez de las diferentes aproximaciones y se caracterizan películas de material X mediante la obtención de sus constantes ópticas".

A) ¿Cuáles consideras que fueron los propósitos del trabajo experimental descrito en el resumen?

B) ¿De dónde pudo haber surgido la idea del trabajo experimental descrito en el resumen?

C) ¿De qué manera se relacionan la teoría y el experimento en el trabajo descrito en el resumen?

D) En tu opinión, ¿cuáles son las intenciones de estos investigadores al realizar los seminarios?

E) Referido a otros trabajos de Física, ¿consideras que el trabajo experimental puede tener otros propósitos? Sí \_\_\_ No \_\_\_

Argumenta y describe algunos

Argumenta tu decisión

F) ¿Piensas que en todos los casos la teoría se relaciona con el trabajo experimental de la misma manera que en el caso descrito en el resumen? Sí \_\_\_ No \_\_\_ .

Argumenta tu decisión.

Argumenta y describe otras formas de relación

G) ¿Consideras que en las teorías, leyes y modelos desarrolladas por los científicos se realizan cambios? Sí \_\_\_ No \_\_\_

¿A qué obedecen los cambios? Argumenta tu respuesta.

## PARTE II

A continuación se presenta una situación experimental que fue propuesta en un curso de laboratorio, donde los estudiantes trabajaban en grupos de tres.

"Se tiene una rampa de madera ajustada al borde de una mesa con una pinza, como se muestra en el diagrama. Si se deja caer una pelota desde una altura  $h$  respecto de

la mesa, la pelota sale de la rampa horizontalmente y choca con el piso a una distancia  $d$  con respecto al borde de la mesa. El objetivo es estudiar cómo cambia la distancia  $d$  con la altura  $h$ ."

A) Si estuvieras en ese curso, ¿cuál sería tu plan de trabajo para lograr el objetivo?

B) El grupo de estudiantes A decidió como primera acción, medir la distancia  $d$  para una altura  $h$  de 29cm, obteniendo  $d = 48,5$  cm. En el grupo se da una discusión acerca de qué hacer después; cada uno tiene una sugerencia diferente:

*Estudiante 1:* Nosotros debemos dejar caer la pelota más veces desde la misma altura y medir la distancia para cada caso.

*Estudiante 2:* Nosotros ya tenemos el resultado, está bien, no necesitamos hacer más medidas.

*Estudiante 3:* Nosotros debemos hacer una medida más desde la misma altura.

¿Con quién estás de acuerdo? ¿Por qué?

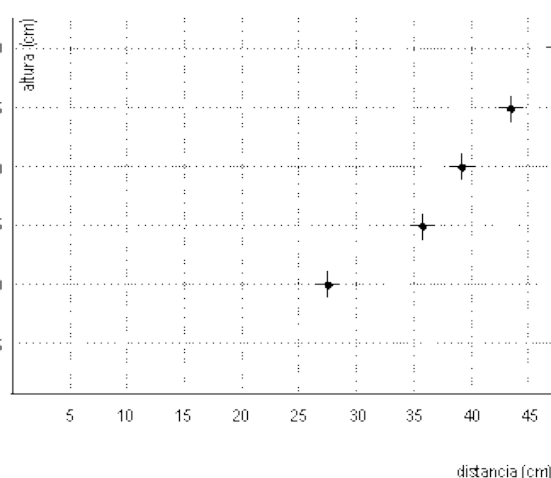
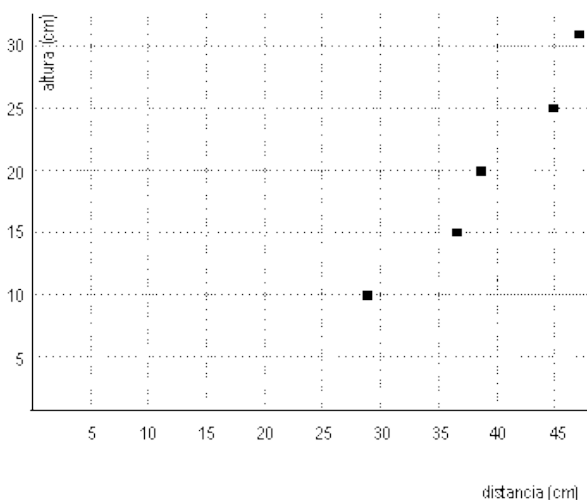
C) El grupo de estudiantes B decidió hacer cinco medidas de la distancia  $d$  para una altura  $h$  de 40 cm, obteniendo los siguientes datos:

Ensayo	1	2	3	4	5
Distancia(cm)	48.0	49.0	49.5	47,5	47.0

¿Cómo presentarías el resultado si fueses miembro del grupo?

D) Los grupos C y D decidieron hacer medidas de distancia  $d$  para diferentes alturas  $h$ . Cada grupo representó los datos en un gráfico, los cuales se muestran en las [figuras IIa](#) y [IIb](#).

**Figura IIa.** Gráfico de  $h: f(d)$  del grupo C. **Figura IIb.** Gráfico de  $h: f(d)$  del grupo D



D.1 Indica lo que debería hacer cada grupo para **interpretar** los datos a fin de lograr el objetivo.



**D.2** Alguien propone que los grupos C y D comparen y discutan sus resultados ¿qué opinas de esta sugerencia?

### PARTE III

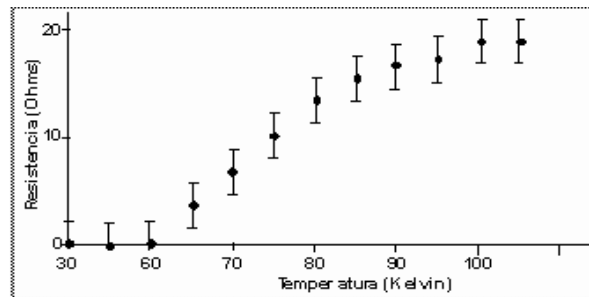
A continuación se presenta información relacionada con un trabajo de dos grupos de física.

Lee cuidadosamente cada sección y contesta las preguntas que se formulan.

#### Sección III.1

"Los superconductores son materiales muy especiales, sus propiedades permiten suponer que es posible transferir electricidad con una reducción significativa en el consumo de la energía, debido a que estos materiales tienen resistencia cero a la electricidad a temperaturas bajas.

Existen varios grupos en el mundo que están investigando las propiedades de un nuevo superconductor, el cual se puede usar para transportar electricidad. Uno de estos grupos –el grupo JOULE- ha hecho mediciones de la resistencia eléctrica de este superconductor mientras cambia la temperatura. El experimento del grupo JOULE se ejecutó bajo condiciones cuidadosamente controladas, así otros científicos han podido repetir las medidas en sus propios laboratorios y encontrar resultados similares. Los datos del grupo JOULE se muestran en el gráfico 1".

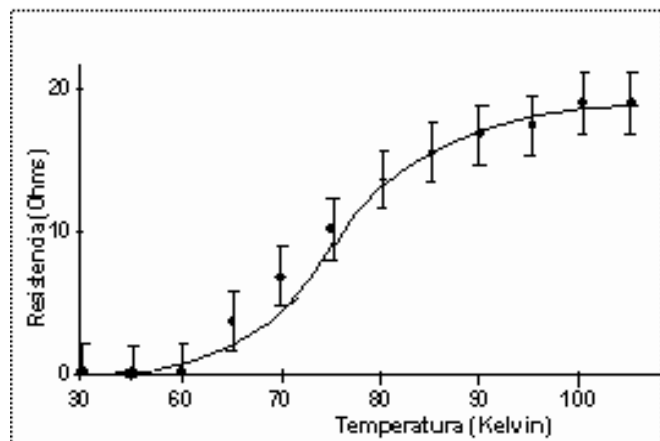


A. ¿Qué podría hacer el grupo JOULE para **interpretar** estos datos?

*Acciones que pueden realizar Intención de cada acción*

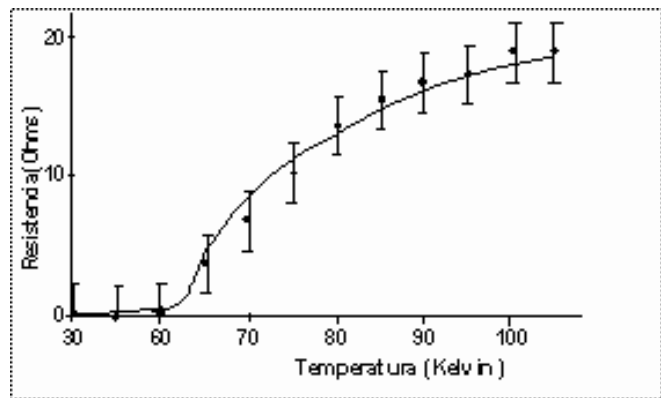
#### Sección III.2

"En una conferencia internacional el grupo JOULE se encontró con otros grupos de investigación para discutir el análisis e interpretación de estos datos. El grupo JOULE tiene un modelo teórico de superconductividad para explicar la caída en la resistencia eléctrica con la temperatura. Este modelo lleva a una interpretación de los datos obtenidos que es mostrada con la línea continua superpuesta a los datos experimentales, en el gráfico 2.



"Otro grupo, el WATT, ha desarrollado un modelo teórico de superconductividad diferente. El modelo de WATT lleva a una interpretación de los datos obtenidos por el grupo JOULE, que es mostrada con la línea continua en el gráfico 3"

B) ¿Qué opinas acerca de estas dos interpretaciones de los datos?



### Sección III. 3

Los científicos congregados en la conferencia ahora tienen que decidir cuáles serán las próximas acciones. Las sugerencias propuestas por ellos se listan a continuación.

C. Analiza las siguientes sugerencias, señala si estás de acuerdo (A), en desacuerdo (D) o neutro (N) y expresa tu opinión justificada al respecto:

1. Bosquejar una conclusión basada en los datos disponibles, considerando que el grupo JOULE los ha interpretado correctamente.
2. Bosquejar una conclusión basada en los datos disponibles, considerando que el grupo WATT los ha interpretado correctamente.
3. Coleccionar más datos para demostrar más allá de la duda razonable qué grupo está en lo correcto.
4. Reducir los errores en las medidas para demostrar más allá de la duda razonable qué modelo da la mejor interpretación.
5. Antes de decidir qué hacer es necesario un análisis de los modelos propuestos por los dos grupos.
6. Ninguno de los dos grupos ha logrado explicar los datos correctamente. Hay que extraer de los datos otra interpretación.
7. Los científicos aceptan que puede haber más de una interpretación de estos datos. No hay manera de encontrar cuál es la interpretación correcta.

### LOS AUTORES

**Andrés Z., Ma. Maite:**

Dpto. Matemática y Física. Universidad Pedagógica Experimental  
Libertador- Instituto Pedagógico de Caracas. Caracas.  
Venezuela.

[maitea@cantv.net](mailto:maitea@cantv.net)

**Pesa, Marta A:**

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.  
Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina.  
[mpesa@herrera.unt.edu.ar](mailto:mpesa@herrera.unt.edu.ar)

**Jesús Meneses:**

Departamento de Didácticas Especiales,  
Universidad de Burgos, Burgos, España

## **Datos de la Edición Original Impresa**

Andrés, M. Pesa, M y Meneses, J (2006, Junio) la actividad experimental en física: visión de estudiantes universitarios Experimental activity in physics: views of university students *Paradigma*, Vol. XXVII, N° 1, Junio de 2006. / 37-71