

## EXPERIMENTOS DE LABORATORIO: UN ENFOQUE SISTEMICO Y PROBLEMATIZADOR (Laboratory experiments: a systemic and problemizing approach)

HERNAN JAMMET CARRASCO<sup>1</sup>

*Departamento de Ciencias, Núcleo Monagas*

*Universidad de Oriente*

*Maturín, Venezuela*

### *RESUMEN*

Se presenta un enfoque de los experimentos de laboratorio. Este es derivado de corrientes filosóficas, psicológicas y educativas relevantes, en vez de ser primario y espontáneo. El proceso de inferencia lleva a concluir que los caracteres más significativos de los experimentos son los de ser problemas y sistemas y que por tanto éstos deben ser los énfasis que se deben poner en el diseño y desarrollo de las asignaturas de laboratorio.

### *ABSTRACT*

An approach to laboratory experiments is presented. It is derived from relevant philosophical, sociological, and educative theories instead of being primary and spontaneous. The inference process leads to the conclusion that the most significant features of the experiments are the fact that they are problems and systems. Thus, the emphasis in the design and development of laboratory courses must be in these features.

### *INTRODUCCION*

La motivación que produjo este trabajo es el hecho que el autor ha observado que la naturaleza de las disciplinas universitarias no tienen, o al menos en la práctica parecen no tener, guías y fundamentos que las soporten. Sino más bien son primarias y espontáneas. Sin duda esto último es equivocado e indeseable. Las asignaturas universitarias deben ser derivadas, productos más que insumos, consecuencias más que

<sup>1</sup>Dirección particular: Edificio El Padrino, Apto. 4A, Urbanización Juanico, Maturín, Venezuela.

antecedentes. En orden decreciente las guías de ellas deben ser filosóficas, psicológicas y educativas. Una a una (estas guías) se van derivando y complementando. Esto hace posible la inferencia o determinación de la naturaleza de las diversas disciplinas. En esta ocasión el interés está puesto en las asignaturas de laboratorio y de ellas en los experimentos.

Se sabe que no existe la filosofía; sino que corrientes filosóficas y por ende y por si también, corrientes psicológicas y educativas. El asunto es entonces parcializarse por algunas que se consideren relevantes para que las asignaturas (derivadas de ellas) también lo sean. Para no alargar más, se adelanta que se probará que las guías elegidas generan un enfoque de los experimentos de laboratorio que permite verlos como problemas y como sistema.

El propósito de este estudio es presentar un enfoque sistémico y problematizador de los experimentos de laboratorio, con la finalidad que las disciplinas correspondientes puedan modificar su naturaleza en la dirección de ser coherentes o mas bien deriven directamente de guías filosóficas, psicológicas y educativas relevantes. Cabe advertir que este trabajo es incompleto, en el sentido que se limita a exponer las ideas básicas que podrían permitir que se produzca el cambio deseado; además se centra en los componentes olvidados de estas disciplinas que se considera, son los más significativos. Por esta razón en la siguiente sección se caracteriza el ser y no ser de estas asignaturas.

### SER Y NO SER DE LAS DISCIPLINAS DE LABORATORIO

Las asignaturas de laboratorio a nivel universitario se pueden caracterizar, con buena aproximación, del siguiente modo:

- Los estudiantes realizan un "experimento" semanal siguiendo los pasos indicados en una "guía del experimento".
- A la semana siguiente, antes de empezar el nuevo experimento, entregan un informe escrito del anterior; informes que normalmente constituyen la única evaluación de laboratorio. Así continúa la rutina durante todo el semestre.
- El énfasis de los experimentos, en cada asignatura, está puesto en el contenido conceptual de ellos; por ejemplo todos se refieren a eventos solo mecánicos, o eléctricos, o químicos, etc.

No se observa intentos de que los estudiantes comprendan y aprendan que:

- Los experimentos son esencialmente investigaciones experimentales y que, por ende, por medio de ellos se pretende resolver un problema.
- La investigación experimental es compleja y metódica y que por tanto ella y su método son analizables.
- Los diversos experimentos tienen más regularidades que singularidades, siendo las primeras más significativas que las segundas.

- Los experimental no está divorciado de lo teórico y que, por el contrario, lo que hay es una división artificial de un todo, además de que se necesitan y ayudan a crecer mutuamente.
- Los experimentos, por ejemplo de física, son sustantivamente experimentos y que luego existe una unidad relevante con los experimentos de otras ciencias y que por lo tanto las diversas asignaturas de laboratorio son más homogéneas que heterogéneas.

### OBJETIVOS DEL TRABAJO Y GUIAS DEL MISMO

Sin duda la percepción de las omisiones o falta de énfasis recién señaladas reflejan la posición del autor sobre los tópicos de interés. Se piensa que hay que invertir la situación, es decir, los énfasis se deben poner en lo que precisamente está ausente en estas disciplinas. Más específicamente acentuar el carácter de complejo de la investigación experimental y el hecho de que ella no es otra cosa que una búsqueda metódica o la solución de problemas.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo es mostrar que los experimentos de laboratorio se pueden enfocar destacando el carácter de sistema y problema que tiene cada uno de ellos. Esto se hace con la finalidad de promover el cambio en la dirección correcta de las asignaturas correspondientes.

Sin duda un enfoque para ser significativo debe tener guías relevantes. Este se cree las tiene y ellas son de tipo filosófico, psicológico y educativo.

La orientación filosófica es el realismo científico y el materialismo del filósofo, filósofo de las ciencias y de la física y fisico-matemático Mario Bunge. Las obras más indicadas y accesibles en que se puede encontrar su filosofía son "Materialismo y Ciencia" y "Racionalidad y Realismo" (Bunge, 1981, 1985). Esta filosofía, como es natural, guía los aspectos más generales del trabajo, como son las concepciones de ciencia y su método, la investigación experimental y otras bajo las cuales el se encaja. Aquí apenas se caracterizará brevemente a esta. En primer lugar como cualquier filosofía ella es un sistema de opiniones teóricas y lógicas sobre la concepción del mundo y su devenir, las más generales acerca del universo, la naturaleza, el individuo y la sociedad. Solo que iste es una filosofía científica de las ciencias, para las ciencias y con las ciencias y por ésto sus características fundamentales son:

- Armonía con la ciencia y tecnología actual.
- General, formal, exacta y precisa (científica).
- Todo lo que existe realmente es material o los objetos inmateriales (por ejemplo las ideas) no existen independientemente de las cosas materiales tales como cerebros; el mundo existe por sí mismo, la existencia de él no depende de nuestra mente (esta es la propiedad fundamental de los materialismos).

- Los objetos o procesos no son cognoscibles tal cual ellos son, sino que por medio de representaciones que de ellos nos hacemos.
- El conocimiento del mundo es imperfecto pero perfectible y se logra con el concurso de la teoría y experimento; y ninguno de los dos puede producir veredictos finales.

La orientación psicológica educativa proviene del cognocitvista Bruner (1969), quién aporta con las ideas:

- La educación es un proceso constante de descubrimiento e invención y estos son sociales.
- Educar es dar medios y presentar situaciones que lleven al aprendiz a aprender a pensar, comprender y utilizar las herramientas de apropiación del mundo, definir su propio estilo de pensamiento y acción.
- La matemática es el super lenguaje y proporciona las formas para comprender las regularidades del mundo como también para transformarlo.
- A través de la acción se llega a las representaciones (obsérvese la coherencia con Bunge) de los sucesos y a la asimilación de las informaciones.
- Enseñar no es obligar a que se aprendan los resultados, sino que conducir a participar en el proceso de la producción de los conocimientos de los cuales el resultado es solo una parte.
- El aprendizaje efectivo se logra mediante el trabajo, el descubrimiento, la indagación y la solución de problemas.
- Los contenidos de enseñanza tienen que ser organizados en términos de relaciones, problemas y lagunas que se deben llenar.
- El aprendizaje efectivo se logra cuando se domina la estructura de un asunto estudiado, es decir, el aprendizaje de los principios, leyes generales y sus relaciones.

El campo educativo guía este trabajo por dos lados:

a) Las ideas de dos conocidos políticos y educadores (humanistas, activos, problematizadores y liberadores) Paulo Freire y Luis Beltrán Prieto Figueroa y b) las ideas de Gowin (1981), educador que colabora con una heurística que es una forma gráfica que permite visualizar que los experimentos se pueda representar como un sistema y a la vez como un problema (el hecho que estas dos características no estén explícitas en la obra de Gowin es una de las motivaciones del autor a realizar el presente trabajo).

a) El primer lado guía con las ideas;

- Ya no cabe más la distinción entre educando y educador, lo que debe haber es educador-educando con educando-educador (principio de horizontalidad aceptado y apropiado por la Andragogía).
- En la educación tradicional, en cambio, ocurre que: el educador es quien educa, disciplina, habla, prescribe, elige los contenidos, sabe, es el sujeto y el educando es el que es educado, disciplinado, escucha, sigue la prescripción, recibe los contenidos, los almacena como en un depósito, no sabe, su objeto.
- La nueva educación debe ser: problematizadora, crítica, liberadora y el educando-educador debe tener una postura reflexiva, crítica transformadora y una actitud que siga más allá del verbalismo, que llegue a la acción.
- No es mejor profesor quien recita mejor la lección, sino quien guía, orienta, conduce al alumno al trabajo, y a la investigación.
- El aprendizaje verdadero se logra con el concurso de la cabeza, las manos y el corazón.

b) Por el otro lado se tiene que:

- Una fuente de conocimiento, un artículo de investigación o un experimento de laboratorio pueden ser analizados como compuestos por tres partes: el evento que es la fuente de evidencias (el fenómeno o aquello que se quiere estudiar), el método que sirve para producir los conocimientos y el sistema conceptual usado durante el proceso de producción del resultado.

Gowin ideó una heurística con esas tres partes que llamó *ve* epistemológica por la forma de ella y por esquematizar la estructura de los conocimientos. En la figura 1 se muestra la "V" de Gowin.

### ENFOQUE SISTEMICO Y PROBLEMATIZADOR

Se entiende por enfoque sistémico el hecho que un evento, proceso, cuerpo de conocimientos, investigación, o experimento de laboratorio se represente como conformando un sistema. Esto quiere decir que el evento, proceso, etc, se puede visualizar como un conjunto de partes y relaciones entre ellas. Formalmente un sistema se puede definir del siguiente modo.

Un sistema (S) se puede caracterizar como un ente que tiene tres componentes:

- 1 - Las partes o elementos de S. A esta componente se le llama partes del sistema (P.S.).
- 2 - Los elementos que no son P.S. pero que interactúan con ellas. Se le llama entorno o ambiente del sistema (A.S.).

3 - La relaciones o ligazones entre los elementos sean de P.S. o A.S. A esta componente se le llama estructura del sistema (E.S.).

Con lo anterior se define S.

S = (P.S., A.S., E.S.). (es decir como la terna de estos elementos).

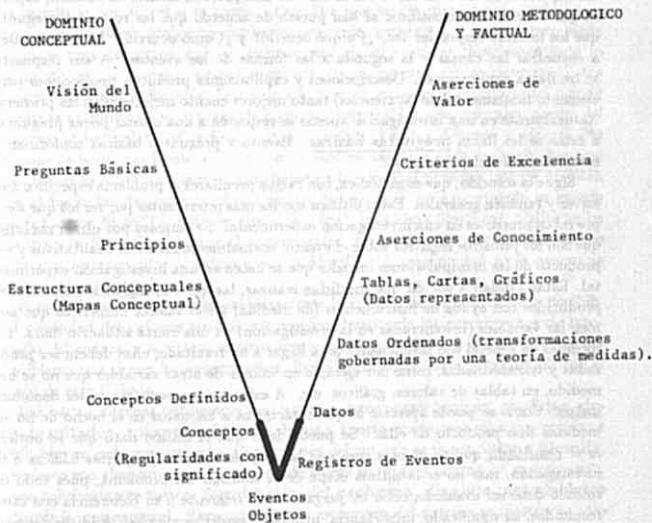


Figura 1 - V de Gowin (1981, p.7). "La conexión entre conceptos, eventos y hechos como teniendo forma de una V".

Por otro lado, se entiende por enfoque problematizador al hecho que en una investigación, un experimento de laboratorio, un contenido a enseñar, se destaque o enfatice su carácter de problemas. Al fin y al cabo los dos primeros recién mencionados son problemas a resolver y el tercero en algún momento lo fue o aún lo es.

Por fin comienza la argumentación de que una investigación experimental o experimento de laboratorio se puede y es aconsejable visualizar como un sistema que es un problema. Se puede considerar que un experimento arranca del hecho que algo sucede o se hace acontecer para replicar la realidad. Este acontecer en verdad, es siempre muy complejo, mas la atención se puede centrar en solo una pequeña parte de él. En una

investigación o experimento sólo unas pocas incógnitas se eligen para ser resueltas. Se puede hablar de un **evento** como aquello que ocurre (en verdad de una de las tantas cosas que ocurren) o mejor dicho de su descripción, en otras palabras el evento es la respuesta a la pregunta: ¿Que ocurrió?. Una ciencia es incompleta si se limita a solo las descripciones de los eventos, se busca conocer más profundamente los sucesos, superar al que ocurrió. Los científicos se han puesto de acuerdo que las restantes preguntas que los interesa responder son: ¿Porqué ocurrió? y ¿Como ocurrió?. La primera lleva a encontrar las causas y la segunda a las formas de los eventos. A sus respuestas se les llama explicaciones. Descripciones y explicaciones producen predicciones (otro elemento fundamental de las ciencias) tanto mejores cuanto mejores sean las primeras. Naturalmente en una investigación apenas se responde a una o unas pocas preguntas, a éstas se les llama **preguntas básicas**. Evento y preguntas básicas conforman la **formulación del problema**.

Sigue la solución, que es metódica, con rasgos peculiares al problema específico a resolver y también generales. Estos últimos son las más interesantes por ser los que siempre están presentes en una investigación experimental. Se empieza por **observaciones** que son los primeros registros sobre el evento; normalmente ellos son cualitativos y son producto de las manipulaciones iniciales que se hacen en una investigación experimental. Estas ayudan a decidir qué **medidas** realizar, las que son registros cuantitativos producidos con ayuda de instrumentos (de medida) y son valores numéricos que asumen las variables (involucradas en la investigación) en una cierta situación dada. Las medidas en general son insuficientes para llegar a un resultado, ellas deben ser procesadas y transformadas, como por ejemplo en valores de otras variables que no se han medido, en tablas de valores, gráficos, etc. A estos nuevos registros se les denomina **datos**. Como se puede apreciar lo que caracteriza a los datos es el hecho de no ser medidas sino producto de ellas. Se puede decir que el último dato que se obtiene es el **resultado** que no es otra cosa que las respuestas a las preguntas básicas o de investigación, más no es la última etapa de la solución del problema, pues todo resultado debe ser evaluado, debe ser juzgado en lo referente a su coherencia con otros resultados, su significado, importancia, utilidad y poder predictivo. A juicio debe someterse también toda la investigación o experimento. A esta etapa valorativa se le llama **valor**. Si se recapitula se puede notar que lo que va de las observaciones al valor está fundamentalmente vinculado al método, por esto a este conjunto se le denomina **dominio metodológico**.

Queda otro dominio, el conceptual o marco teórico que guía, apoya y sobre todo posibilita y facilita no sólo la investigación, sino que cualquier actividad humana. Este es el dominio de lo teórico y el lenguaje. Sus partes más relevantes son: los conceptos que están involucrados en el experimento. En una investigación o problema siempre hay algunos conceptos que son las variables en juego. A estos se les denomina **conceptos básicos**. Con los conceptos se construyen proposiciones, las que además de tener significados tienen valor de verdad; las verdaderas (aunque provisionalmente) son las que interesan a los científicos, expresan relaciones entre conceptos; a estas relaciones o proposiciones se les llama **leyes** que son las pautas del ser y el devenir de los eventos.

Naturalmente en un experimento algunas leyes le sirven de apoyo conceptual y otras son o pueden ser las pautas buscadas. Las leyes tienen relaciones entre ellas, con unas más que con otras; conforman también sistemas que son armónicos y coherentes, cuando se organizan de un cierto modo peculiar se les conoce como sistema axiomático o teoría. Todo experimento (investigación o problema) está inserto en alguna teoría por primitivo que sea él o la teoría. Pareciera que esta termina ahora, más no es así, la solución de un problema siempre es orientada, guiada y por tanto determinada por ideas muy generales, por las visiones más globales que se tiene sobre todo lo que existe, la producción humana o cultura y muy especial de las ciencias. Estas visiones conforman la filosofía. Esta se puede concebir como una concepción del mundo expresada en forma de un sistema de opiniones teóricas, las más generales, acerca del universo, la naturaleza, el individuo y la sociedad. Existen diversos y antagónicos sistemas de opiniones frente al todo como a algunos aspectos de la realidad. Por esto existen teorías sobre un mismo asunto debido a las diversas filosofías que las orientan y en el fondo las determinan. Por transitividad también un experimento es guiado por una cierta filosofía o más simplemente por algunas ideas filosóficas, a ellas se les denomina la filosofía que guía al experimento. En resumen se puede decir que se inicia con los conceptos y culmina con la filosofía. A esta unidad se le denomina dominio conceptual.

Recién ahora comienza más explícitamente la argumentación acerca de la posibilidad y bondad del enfoque sistémico y problematizador de los experimentos de laboratorio. El análisis y la síntesis anterior contiene implícitamente el carácter de sistema y problema que tienen los experimentos. Resta ahora explicitarle para cumplir con el objeto de este trabajo.

Las partes internas del sistema son: **evento, preguntas básicas, medidas, datos, resultados, conceptos básicos, leyes y teoría** puesto que ellas son propias e infaltables en cada experimento. Como partes del entorno se tienen valor y filosofía, pues éstos son elementos con los que desde afuera se juzga y orienta un experimento. Como subsistema se tienen: **formulación del problema, dominio metodológico y dominio conceptual**. Para explicitar la estructura del sistema se mostrarán sólo algunas de las relaciones entre las partes. Por ejemplo se tiene que: las teorías son sistemas de leyes, los conceptos se refieren a regularidades en eventos, las medidas son valores numéricos que asumen los conceptos en determinadas condiciones, etc.

Lo anterior, más las figuras 2 y 3 muestran la naturaleza de sistema de los experimentos. El carácter de problema se visualiza brevemente al considerar que en el sistema existe una interrogante o una incognita, necesidad, etc, y como éste es el signo esencial de un problema o investigación se considera cumplido lo prometido.

Con el objeto de ilustrar de un modo más sencillo, los puntos de interés se elaboran las figuras. La primera (ver figura 2) que tiene una forma lineal, contiene las partes internas y externas señaladas con un sub-índice *i* y *e* respectivamente, los subsistemas y la estructura (que es apenas indicada). A los lados de estas partes se puede observar a la derecha signos que enfatizan el carácter de investigación experimental y a la izquierda el de un problema.



La figura 3 es una adaptación de la propuesta por Gowin (1981, p.107). A juicio del autor su heurística es excelente para analizar y sintetizar publicaciones de trabajo y experimentos científicos. En esta ocasión lo está siendo para visualizar el carácter de sistema y problema que tienen los experimentos de laboratorio. La V de Gowin como se llama a esta heurística ha sido usada en otras investigaciones y trabajos en el campo de la enseñanza de las ciencias. Se citan sólo algunos: Buchweitz (1981, 1988), Jamett (1985, 1986), Moreira y Levandowski (1983), Novak y Gowin (1984).

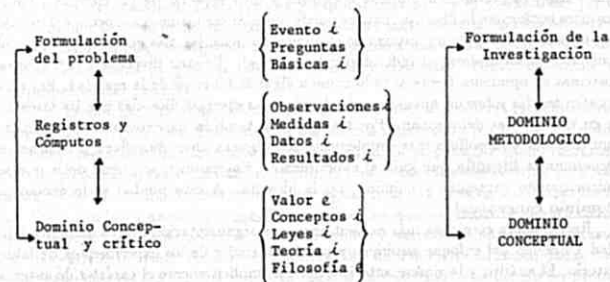


Figura 2 - Ilustración que muestra la naturaleza de sistema y problema de los experimentos (i y e indican interior y exterior respectivamente).

## CONCLUSION

En esta publicación se ha presentado un nuevo enfoque (hasta cierto punto) de los experimentos de laboratorio, con la finalidad de usarlo en las disciplinas experimentales. La visión de los experimentos como sistema y problema tiene varias ventajas. Aquí se señalan solo las que parecen ser las más significativas.

- Es un enfoque no solo analítico (como es habitual) sino que también es sintético.
- Favorece la integración de las diversas asignaturas experimentales (cosa que no ocurre actualmente).
- Ayuda a los estudiantes a desarrollar una metodología general de solución de problemas, la que con insustanciales agregados les permitiría resolver los de las diversas asignaturas (que parecen ser difíciles y heterogéneas).

DOMINIO CONCEPTUAL

DOMINIO METODOLOGICO

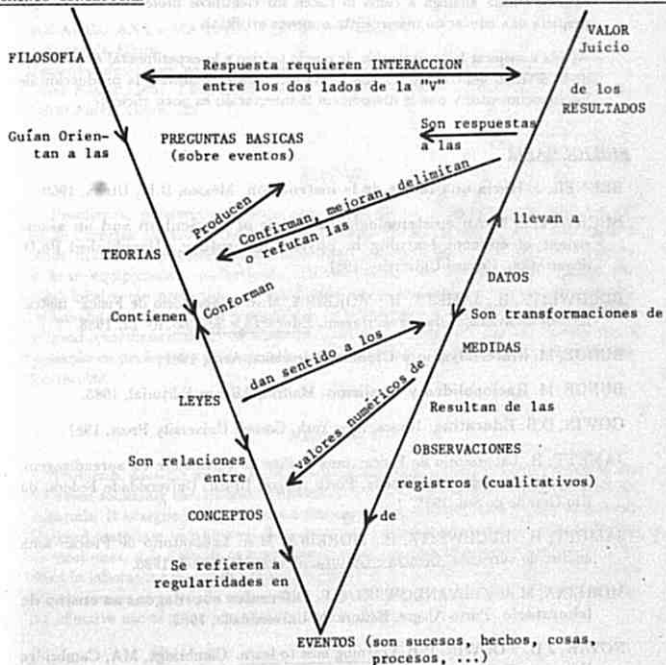


Figura 3 - "V" epistemológica de Gowin.

- Sugiere, aunque implícitamente, que la organización del contenido y el trabajo de aula pueden guiarse por el enfoque. En otras palabras, como lo pregonan los psicólogos y educadores que orientaron este estudio, el aprendizaje se logra con el trabajo, el esfuerzo, la investigación y la solución de problemas de parte del aprendiz y no del docente. Y que más que los contenidos tradicionales se deben aprender las "estructuras" (en verdad sistemas) que ellos conforman.
- Favorece que los estudiantes realicen los experimentos y las comunicaciones de ellos de forma análoga a como lo hacen los científicos profesionales. Lo que propicia una educación más realista o menos artificial.
- Ayuda a mejorar la comprensión de que lo teórico y lo experimental es producto de la división del trabajo, es una forma útil para el análisis y la producción de los conocimientos y que la división sin la integración es poco eficiente.

## BIBLIOGRAFIA

- BRUNER, J. *Hacia una teoría de la instrucción*. México, D.F., Uteha, 1969.
- BUCHWEITZ, B. *An epistemological analysis of curriculum and an assessment of concept learning in physics laboratory*. Unpublished Ph.D. dissertation, Cornell University, 1981.
- BUCHWEITZ, B.; JAMETT, H.; MOREIRA, M.A. Laboratório de Física: instrumentos de avaliação da aprendizagem. *Educação e Seleção*, nº 13, 1988.
- BUNGE, M. *Materialismo y Ciencia*. Barcelona, Ariel, 1981.
- BUNGE, M. *Racionalidad y Realismo*. Madrid, Alianza Editorial, 1985.
- GOWIN, D.B. *Educating*. Ithaca, New York, Cornell University Press, 1981.
- JAMETT, H. Laboratório de Física: uma análise do currículo e da aprendizagem. Tesis de Maestría no publicada, Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- JAMETT, H.; BUCHWEITZ, B.; MOREIRA, M.A. Laboratorio de Física: uma análise do currículo. *Ciencia e Cultura*, 38 (12):1995-2003, 1986.
- MOREIRA, M.A. y LEVANDOWSKI, C.E. *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. *Learning how to learn*. Cambridge, MA, Cambridge University Press, 1984.

*Original recebido em 09/10/90*

*Aceito para publicação em 19/07/91*