



Instituto Central Femenino, Laboratorios. Medellín, 1938

Introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica

- **Resumen**

Desde una perspectiva contemporánea de la ciencia y las experiencias de formación de maestros en ejercicio, se propone una alternativa para la enseñanza de las ciencias en educación básica que tiene como punto de partida la consideración de la Física de Procesos como un campo de especial interés para acercarse a uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias, cual es el de hacer de estas una realidad cercana, inscrita en la cotidianidad del hombre. La aproximación fenomenológica al problema permite superar concepciones respecto de las relaciones sujeto-objeto, la naturaleza del conocimiento y la enseñanza de las ciencias, con base en dos ejes fundamentales de reflexión: las actitudes y la cultura.

- **Abstract**

From a contemporary perspective of science and from experiences in teaching training, it is proposed an alternative for science teaching in elementary and high school, based on process physics as an interesting special field for getting one of sciences teaching goals: turning science into a nearer reality. Taking this problem from a phenomenological perspective allows to exceed conceptions about subject-object relation, knowledge nature and science teaching.

- **Résumé**

Dans une perspective contemporaine de la science et des expériences de la formation des enseignants exerçants, on propose une alternative pour l'enseignement des sciences, à l'école et au collège, qui a comme point de départ la conception de la physique comme un champ d'intérêt spécial pour s'approcher à un des objectifs de l'enseignement des sciences; faire de celles-ci une réalité prochaine, qui fait partie de la quotidienneté de l'homme. L'approximation phénoménologique au problème permet le dépassement des conceptions relatives aux rapports subject-objet, à la nature de la connaissance et à l'enseignement des sciences, sur la base de deux axes fondamentaux: Les attitudes et la culture.

Introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica¹

*Clara Inés Chaparro, José González, Juan Carlos Orozco C.,
Rosa Inés Pedreros y Jorge I. Vallejo**
*Profesores del Departamento de Física de la
Universidad Pedagógica Nacional*

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, Física de procesos, fenomenología, naturaleza del conocimiento.

Key Words: Sciences teaching, Process physics, Phenomenology, Knowledge nature

Introducción

Uno de los campos que con especial interés se ha venido desarrollando en los últimos años dentro de las ciencias físicas y químicas es el relacionado con la física de procesos y la termodinámica generalizada, en donde, por ejemplo, el estudio de las estructuras disipativas y los proce-

1 Texto de la ponencia presentada al "III Simposio sobre la Enseñanza de las Ciencias en la Educación Básica y Media", Investigación y formación de docentes. , Santafé de Bogotá, Junio 18-20 de 1996.

Dirrección: Universidad Pedagógica Nacional Calle 73 No. 11-73 Santafé de Bogotá

... irreversibles arroja interesantes luces para comprender la estructura del mundo físico y las implicaciones de la segunda ley de la termodinámica en la casi totalidad de los fenómenos macroscópicos.

En vista de que uno de los propósitos centrales de la enseñanza de las ciencias consiste precisamente en contribuir a inscribir la cultura de la cotidianeidad en un contexto donde la ciencia contemporánea haga sentido a las nuevas generaciones, y dado el considerable potencial explicativo de la física de procesos para fenómenos que trascienden incluso el marco de las ciencias naturales, el proyecto de investigación *"Introducción a la Física de Procesos"* busca, entre otros objetivos:

- Avanzar en la aproximación a la construcción de criterios pedagógicos y didácticos desde los que se orienten actividades de aula que posibiliten la construcción de explicaciones a fenómenos del mundo físico por parte de los sujetos involucrados en el contexto de la clase de ciencias, en el marco de la termodinámica macroscópica contemporánea; y
- recoger las experiencias que el equipo de investigadores ha logrado consolidar en el desarrollo de la componente de Ciencias del programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (Departamento de Física) en lo relacionado con la transformación de las sustancias.

Aspectos Conceptuales

El proyecto se instaura en el contexto de la problemática sobre la Enseñanza de las Ciencias a Nivel Básico, en relación con el cual se plantean tres preguntas generales, a cuya solución se espera aportar:

1. ¿Cómo superar los saberes fragmentados?. Que remite a considerar los problemas que las aproximaciones reduccionistas y la hiperespecialización plantean a la escuela básica en relación con la enseñanza de las ciencias.
2. ¿Cómo superar los saberes generalizados?. Que conduce a analizar las dificultades y limitaciones que las aproximaciones holistas y el predominio de explicaciones excesivamente generalizadas presentan en el trabajo escolar.

3. ¿Cómo abordar la construcción de conocimiento sobre la naturaleza? En esta dirección se entra a considerar las posibilidades que una aproximación desde la complejidad presentaría con miras a asegurar procesos educativos más significativos en relación con la enseñanza de las ciencias en el nivel que nos interesa.

La intencionalidad de realizar una aproximación compleja al estudio de la naturaleza nos remite, entonces, a contemplar el problema de la enseñanza de las ciencias en una perspectiva en la cual adquieren particular importancia dos ejes de reflexión:

- Uno relacionado con las actitudes, entendidas éstas bajo los planteamientos desarrollados desde una perspectiva fenomenológica en términos de la "capacidad de la conciencia de adoptar deliberadamente la postura específica de una ciencia, adentrándose en el «proyecto» y en el mundo particular que le son propios y manteniendo una conciencia paralela de los límites del campo de comprensión determinado por ese proyecto" y que, por tanto, determinan en buena medida las características de las elaboraciones intersubjetivas y las posibilidades de interacción cultural de los sujetos.
- Un segundo elemento relacionado con la cultura, a propósito del cual se contempla la vivencia de la ciencia, en sus diferentes espacios y manifestaciones, como una actividad cultural más, caracterizada por ciertas particularidades, y se asume el conocimiento como un «algo» que involucra procesos y productos.

De allí que, dar cuenta de esta problemática en el aula implica dar cuenta de *cómo se construye conocimiento* y dar cuenta de *cómo se hace ciencia*. Estos requerimientos son asumidos desde una perspectiva fenomenológica que se ha venido configurando a partir de dos frentes de trabajo:

1. La sistematización del trabajo realizado con los estudiantes de la especialización en el componente de ciencias a lo largo de los tres semestres en los siguientes espacios: i) Módulo de Combustión de primer semestre, ii) Seminario de química de segundo semestre y iii) Módulo de problemáticas contemporáneas de la química de tercer semestre.

2. El análisis de la fenomenología a partir de la aproximación a las similitudes y diferencias que se encuentran en los planteamientos de Husserl y Heidegger, con una cierta inclinación por los de éste último. Este trabajo nos ha permitido allegar elementos conceptuales para contrastar las diferentes experiencias de conocimiento vivenciadas con los estudiantes de la especialización y para avanzar en la definición de algunos criterios pedagógicos que sirvan de base al diseño de «modelos didácticos fenomenológicos» para orientar actividades de enseñanza de las ciencias en la educación básica.

Producto de estas primeras aproximaciones son las siguientes reflexiones parciales:

- **A propósito de la relación sujeto-objeto:** Esta relación se entra a significar de una manera particular superando la separación entre sujeto y objeto, es decir, entre conciencia perceptora y ser percibido, que caracteriza los enfoques tradicionales empirista, realista e idealista; y en virtud de la cual toda experiencia de conocimiento suele desplazarse a un plano de exterioridad frente a la realidad. Por ello se plantea, en consonancia con las ideas husserlianas², que la necesidad del conocimiento se relaciona con la intención de dar cuenta de las cosas que aparecen a nuestra conciencia, de aquello que se nos da como «cosa misma». De allí que no se juzgue pertinente entrar en el terreno de preguntas fundamentales para la filosofía clásica tales como la existencia de las «cosas en sí» o la existencia de las «cosas para mí»; por lo tanto, el acto de conocer se remite inicialmente y en lo fundamental a la descripción de la cosa misma en cuanto nos es dada, en cuanto aparece a nuestra conciencia, es decir el *fenómeno*.
- **En relación con el fenómeno y la fenomenología:** Estos conceptos son asumidos en el sentido que Heidegger caracteriza como el «concepto formal», en virtud del cual el fenómeno es lo «que-se-muestra-en-sí-mismo», esto es lo patente y la fenomenología, en tanto discurso que hace patente aquello de que «se habla» en el habla, es lo que nos permite ver

2 LYOTARD, Jean-François., «La fenomenología», Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires 1973.

lo que se muestra tal como se muestra por sí mismo³. Así, las dos características de la fenomenología son: i) ser un discurso exhibitivo en la medida en que el asunto de que trata se muestra así como es en sí mismo, esto es como fenómeno; y ii) legitimativo directo e inmediato del asunto que se muestra en sí mismo desde la realidad misma⁴, en la medida en que todo cuanto se dice del fenómeno está legitimado por el ocurrir de la realidad.

- **En relación con el conocimiento común y el conocimiento científico:** En el contexto de la enseñanza de las ciencias cabe entonces la pregunta ¿si el fenómeno es lo «que-se-muestra-en-sí-mismo», qué diferencia el conocimiento común del conocimiento científico? En concordancia con el pensamiento de Heidegger, se acepta que los conceptos vulgar y científico coinciden pero "la manera de acceder a la realidad es totalmente distinta en la actitud ingenua y en la científica. Esto quiere decir que el discurso o *logía* científico es diverso del vulgar y cotidiano, aunque coincidan en lo que entienden por fenómeno"⁵. En esta aproximación se reconoce una diferencia con la concepción de Husserl en cuanto al acceso pre- y extra-científico al ente (esto es al conjunto de las cosas en su más amplio sentido).

Para este último tal acceso se reduce a mera experiencia sensible, o experiencia del mundo de la vida, a manera de organización de las sensaciones según diversas modalidades. Heidegger, por el contrario, considera que tal acceso constituye fundamentalmente un modo de conducirse del ser-ahí (es decir, de la conciencia que conoce al ente en cuanto ente) frente a las cosas mismas en su intención por conocerlas en cuanto tales. En esta perspectiva, se establece una distinción entre las formas de acceder a la realidad desde el conocimiento común y el conocimiento científico. Así, en tanto que "en la vida cotidiana no requerimos de método para

3 HEIDEGGER, Martin., *«El ser y el tiempo»*, Fondo de Cultura Económica, Santafé de Bogotá D. C. 1993, p.p.s. 45.

4 HOYOS V., Jaime., *«La fenomenología de Martin Heidegger -de Husserl a Heidegger-»*, en Revista Estudios de Filosofía N° 3, Universidad de Antioquia, Medellín 1991, p.p. 36.

5 *Ibid.*, p.p. 37

que las cosas se exhiban, toda ciencia si requiere de un método o discurso especial, científico. O sea, que supuestamente la ciencia no quiere captar lo que ya sin método alguno nos sale al encuentro y se nos da, sino que quiere investigar un ámbito del ente desde ciertos puntos de vista en los que el ente no se muestra al modo natural de acceder a él.”⁶. Este aspecto resulta de especial importancia con miras a la definición de criterios pedagógicos para el trabajo en el aula, en la medida en que, por ejemplo, nos ponen de relieve el papel que el lenguaje y la experiencia han de jugar en relación con la enseñanza de las ciencias; máxime cuando, desde el punto de vista fenomenológico, en este otro modo de abordar la realidad el discurso tiene aún que ajustarse a ella, esto es, debe ser «un discurso que exhiba siempre un aspecto de la realidad misma, por muy escondido que esté. Y que sus proposiciones se dejen **legitimar en la realidad misma**, que su discurso ha destacado como tema.»⁷

A partir de estas consideraciones generales se visualiza un primer esquema que intenta mostrar cómo se relacionan y definen estos distintos modos de proceder (ver fig. 1).

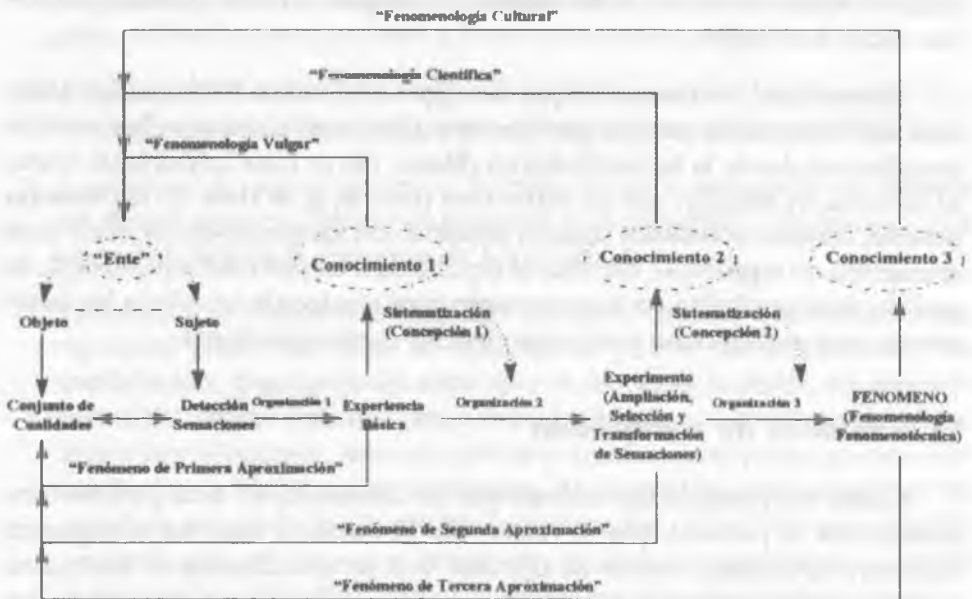
Fenomenología y física de procesos

Desde el punto de vista de su realización el proyecto comienza a configurarse a propósito de la pregunta por la transformación de las sustancias, inscrita en un contexto termodinámico. Atendiendo a la pregunta misma, no se trata de dar cuenta de la sustancia en sí misma, de su naturaleza última e íntima, cuanto del proceso en el cual ella se constituye y varía; esto es, la atención se dirige a dar cuenta de cómo la sustancia sólo es sustancia en tanto se transforma, esto es en cuanto fenómeno. No sobra entonces subrayar el énfasis que se hace en los procesos; en este sentido la Física de Procesos no es otra cosa que fenomenología de las sustancias, discurso científico sobre la transformación de las sustancias elaborado a partir de dichos procesos de transformación.

6 Ibid., p p. 38.

7 Ibidem.

Figura 1. Introducción a la Física de Procesos: Aproximación a un modelo fenomenológico.



Desde el punto de vista didáctico, su propósito es aproximar una mirada no reduccionista de la química a partir de los fenómenos químicos. Esto supone, entre otras cosas, no partir de las teorías (entendidas como productos acabados y ahistóricos) por cuanto éstas encubren el fenómeno, al anteponerle un discurso que no es exhibitivo y que no necesariamente es legitimado por la realidad. En relación con esto se ve la improcedencia de anteponer modelos a las explicaciones o de imponer un modelo como la explicación última de un fenómeno; aunque ello no excluye que se contemple la construcción de modelos como modos de hablar de los fenómenos. De hecho, entendemos que un modelo se reduce a la definición de unas estructuras fundamentales y de un conjunto de reglas en virtud de las cuales se establecen todas las posibles relaciones entre aquéllas; lo cual, claramente, no puede agotar la explicación a un fenómeno o conjunto de ellos en toda su complejidad.

Se ve entonces la necesidad de priorizar la construcción de explicaciones como estudio de los procesos en tanto descripción cada vez más

detallada y refinada del fenómeno, lo que implica la elaboración de un discurso cada vez más rico en matices y más preciso en su forma de detallar dicho fenómeno.

Ahora bien, la relevancia que se asigna al proceso hace que los sistemas sean asumidos en una perspectiva diferentes a como se les concibe usualmente desde la termodinámica clásica. No se hace importante mirar al sistema en relación con su estructura (esto es si se trata de un sistema abierto, cerrado o aislado) sino en relación con los procesos (es decir si se encuentra en equilibrio, cercano al equilibrio o alejado del equilibrio)⁸, lo que de paso posibilita un acercamiento a los modos de acceder a los fenómenos que caracterizan a algunas ciencias contemporáneas.

El fenómeno de combustión

Como un ejemplo del trabajo que se desarrolla en esta perspectiva, esbozamos el proceso que se ha venido llevando a cabo en el segundo semestre de la componente de ciencias con los estudiantes de las cuatro primeras promociones del Programa de Especialización. Con base en los desarrollos teóricos elaborados hasta la fecha, se han adelantado distintos niveles de lectura, dentro de cada uno de los cuales se han identificado diferentes momentos. A continuación describimos brevemente cada uno de los niveles de lectura realizados por el equipo de investigación a partir de las dinámicas vivenciadas con los diferentes grupos de trabajo.

Primer nivel de lectura: Este nivel corresponde al proceso de construcción de conocimiento científico que, para la experiencia referida, se inicia con la exploración del fenómeno tomando como punto de partida un evento: la combustión de una vela. En esta tarea se revelan distintas aproximaciones al fenómeno por parte de los participantes:

1. *Formulación de preguntas.* *i)* Nivel descriptivo perceptual. Sensaciones (formas, estados), *ii)* Primera explicación del fenómeno: Diferenciación de variables (V.T.P.)

8 LASZLO, Ervin., «La gran bifurcación», Editorial Gedisa S. A., Barcelona 1990, págs. 137-139.

2. *Explicación de carácter físico:* Se da cuenta de la combustión en términos de procesos físicos (mecánicos): Capilaridad, tensión superficial, cohesión, adhesión, fuerzas inter e intra moleculares, etc.,
3. *Explicación de carácter físico-químico:* se da cuenta de los procesos que tienen lugar en la llama, se hacen relevantes las condiciones. (P,V,T, n).
4. *Explicación de carácter sistémico:* Se trata de ver la vela como un sistema en el cual ocurren diferentes procesos y se presentan condiciones que permiten definir la dirección de los mismos.
5. *Elaboración de modelos de explicación:* Como el discurso que se elabora es de corte científico, éste se caracteriza por la formalización y la modelación, descripciones éstas que se elaboran a partir, en primera instancia, de los sistemas (en donde se plantea un conjunto de variables y sus relaciones, una estructura y una función) y en segunda instancia desde los procesos reversibles e irreversibles (como devenir de estados), en donde la dimensión experimental constituye una manera particular de configurar el fenómeno. Se entra a caracterizar el papel del tiempo en la evolución de los sistemas, en este sentido se muestra que la entropía tiene un referente fenomenológico, es un fenómeno. Se llama la atención en que las condiciones son constitutivas del proceso, en últimas constituyen fenómeno. Se caracteriza, en este trabajo, lo que se entiende por equilibrio. Entre las aproximaciones realizadas por los participantes se destacan: *i)* Modelos de mecanismos de reacción (cinética de reacción), *ii)* Modelo energetista (configuraciones más probables), *iii)* Modelo mecánico (interacciones a distancia)

Segundo nivel de lectura: Mirada de los procesos de construcción de conocimiento de los participantes:

Fase Conocimiento 1: Caracterizada por el ordenamiento de una serie de experiencias y observaciones, desde la percepción directa o desde la evocación de un conocimiento disciplinar pertinente, con una clara perspectiva analítica. Esta fase se deja ver con especial claridad en las tres primeras etapas del primer nivel.

Fase Conocimiento 2: Allí se realizan elaboraciones típicas de la teoría de sistemas tanto a nivel estructural como simbólico. Aquí se destacan

descripciones en términos de sistemas termodinámicos clásicos (aislado, cerrado y abierto) articuladas con consideraciones relativas a los principios termodinámicos (direccionalidad de los procesos, consideraciones sobre las condiciones en que tiene lugar el fenómeno). ¿Cómo se elaboran los procesos y cómo se configuran las explicaciones de ellos? es una pregunta que se pone de entrada como relevante en este contexto desde el punto de vista fenomenológico.

Fase de Conocimiento 3: Correspondiente a la construcción de modelos en los que se formalizan los diferentes procesos constitutivos de la combustión y se expresan en lenguajes de diferente nivel: ecuaciones químicas, diagramas de energía, modelos matemáticos. Se habla del fenómeno en términos simbólicos altamente refinados en, por lo menos, dos direcciones: *i)* mediante la introducción de esquemas lógico-matemáticos y *ii)* mediante la introducción de la notación propia de la química. Dichas formalizaciones conducen por caminos diferentes a procesos de matematización, hablar del fenómeno cuantitativamente.

Tercer Nivel de Lectura: Corresponde a una mirada desde los procesos de enseñanza; se caracteriza por la definición de rutas posibles, con una intencionalidad didáctica. A manera de ejemplo, se discute como una posible organización del trabajo con un grupo de estudiantes de educación básica, considerar los siguientes momentos: *i)* Combustión de la vela, *ii)* Determinación de regiones a ser estudiadas *iii)* Construcción de procesos fisico-químicos. *iv)* Construcción de modelos, *v)* Formalización de modelos de explicación.

Bibliografía

ATKINS, P. W., *"La Segunda Ley"*, Prensa Científica S. A., Barcelona 1992.

HEIDEGGER, M., *"El ser y el tiempo"*, Fondo de Cultura Económica, Santafé de Bogotá 1994.

HOYOS V., J., *"La fenomenología de Martin Heidegger"*, Revista *Estudios de Filosofía* N° 3 Universidad de Antioquia, Medellín 1991.

HUSSERL. E., *"Invitación a la fenomenología"*, Ediciones Paidós Ibérica, S. A., Barcelona 1992.

LASZLO, E., *"La gran bifurcación"*, Editorial Gedisa S. A., Barcelona 1990.

PRIGOGINE, I., *"Thermodynamics of irreversible processes"*, Jonh Willey and Sons, New York 1965.

PRIGOGINE, I., *"El tiempo y el devenir"*, Editorial Gedisa S. A., Barcelona 1996.

STARK, J. G. (Comp.), *"Química Moderna"*, Alianza Editorial S. A., Madrid 1974.