



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias. 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

# FRONTERA ENTRE LAS CIENCIAS BIOMOLECULARES Y LA INGENIERÍA BIOQUÍMICA – APROXIMACIÓN DIALÉCTICA

Claudio Raúl Bernal Bustos

Fundación Universidad de América  
Bogotá, Colombia

## Resumen

Para empezar, el título de esta contribución se presenta bajo dos conceptos muy generales que han de ser analizados en el contexto de dos dominios del conocimiento científico y que actúan a través de un problema conjunto, pero con vectores en direcciones opuestas, sin que ello define una limitación en el esfuerzo para resolver la situación. Ahora nos encontramos frente a las ciencias básicas y las ciencias técnicas, vinculadas a través de un sólo problema, lo que hace necesario emplear el concepto de frontera como artificio vinculante. "Frontera entre las ciencias básicas y las ciencias técnicas, un enfoque dialéctico antes de dirigirse a la práctica", en realidad debería ser el título de esta contribución, si la intención es especificar, como objetos comunes de conocimiento en dos dominios; sin ser únicos, que se basan en los fundamentos filosóficos de la ciencia en su sentido más amplio y de lo que les permite desarrollarse y progresar.

**Palabras clave:** dialéctica; filosofía de la ciencia; ciencias básicas; ciencias técnicas; biología molecular; ingeniería bioquímica

## Abstract

For starters, the title of this contribution is presented under two very general concepts that have to be analyzed in the context of two domains of scientific knowledge that act through a joint problem, but with vectors in opposite directions, without defining a limitation in the effort to resolve the situation. Now we are faced with the basic sciences and technical sciences, linked via a single problem, which makes it necessary to employ the concept of border as artifice binding. Border between the basic sciences and technical sciences, a dialectical approach before addressing the practical, should actually be the title of this contribution. Border between the basic sciences and technical sciences, a dialectical approach, before heading to practice, really should be the title of this contribution, even if the intention is to say, as common knowledge objects in two domains; not be unique, based on the philosophical foundations of science in its broadest and allowing them to develop and progress sense.

**Keywords:** dialectic; philosophy of science; basic sciences; engineering sciences; molecular biology; biochemical engineering

## 1. Introducción (Contexto)

### *Objetivo conjunto:*

Usar ADN encapsulado en vectores o directamente aplicado al tejido, debería cumplir la función que el gen defectuoso no puede realizar mediante su reemplazo, o impida que un gen desregulado permanezca activo, a través de mecanismos de interferencia – terapia génica.

**Problema conjunto:**

Los enfermos de deficiencia de la lipoproteína lipasa (LPL) sufren una mutación hereditaria que les impide producir un enzima que, en la situación normal, degrada las lipoproteínas, o nanopartículas naturales que transportan la grasa por la sangre después de su absorción por el intestino tras una comida. El error genético causa una nefasta acumulación de grasas en las venas y arterias, hasta el punto de que la sangre ofrece un aspecto más blanquecino que rojo.

**Aporte desde la Ingeniería Bioquímica:**

Normalmente, la concentración de proteína resultante al final de una fermentación es del orden de unos pocos gramos por litro, pudiendo llegar a ser del orden de miligramos por litro. Esto impulsa a la investigación de métodos de concentración de la proteína a partir de caldos de cultivo, además de perseguir la eliminación de ciertos componentes como son la biomasa (para proteínas extracelulares, como es el caso de la lipasa de *Candida Rugosa*) y la reducción de la elevada concentración de sales orgánicas que suelen tener los medios de fermentación...

**...y avances actuales:**

Un nuevo fármaco Glybera utiliza un adenovirus para administrar la versión correcta del gen de la lipoproteína lipasa, el que está mutado en los pacientes. Actualmente existen varios productos comerciales surgidos en el contexto de la terapia génica. El ADN (y el ARN) se presentan como los futuros fármacos en acción de las próximas décadas...

**Nueva área aportante**

El tratamiento consiste en inyectar el virus con el gen correcto en muchos puntos de la pierna del paciente. El virus se introduce así en las células musculares de la pierna, que de este modo activan el gen y empiezan a producir la proteína (lipoproteína lipasa) que le falta al paciente. Esta proteína, ya sea en el músculo o liberada a la sangre, puede empezar a degradar las partículas grasas y por tanto evitar sus peligrosos efectos sobre el páncreas y otros órganos.

**Aporte desde las ciencias moleculares y celulares:**

Una vez que la terapia génica sortee aquellos aspectos que todavía constituyen importantes factores de riesgo, constituirá una alternativa a los métodos convencionales para tratar ciertas enfermedades.

**... y avances actuales:**

La interferencia mediada por ARN (ARNi) consiste en el silenciamiento de la expresión génica a través de ARNs que se unen a una región específica del extremo 3 no traducido del ARNm a silenciar. Primero descrito en gusanos, insectos y plantas como defensa antiviral por parte de las células, luego se encontró también en vertebrados (Fire et al., 1998; Baulcombe, 2000; Obbard et al., 2006). La interferencia mediada por ARN es un complejo proceso de regulación postranscripcional de la expresión génica conocido ampliamente en los organismos eucariontes. El silenciamiento del ARN blanco se asocia al remodelamiento de complejos ribonucleoproteicos específicos en cuerpos de procesamiento intracelular (Ferreiro et al., 2012; Layana et al., 2012).

**1. Frontera Dialéctica**

En el proceso de conocimiento, los científicos deben hacer uso frecuente y constante de las categorías filosóficas, pero su empleo correcto es factible sólo si el investigador comprende su esencia lógico-metodológica y su significación en el conocimiento. Ello se ve claramente en el curso de gestación de una teoría científica, por ejemplo, en el descubrimiento del genoma, del ADN. Sabido es que una etapa importante de dicha gestación es la formación de la idea o principio fundamental, a partir del cual se construyó la teoría...

... un **gen** es la unidad física y funcional de la herencia ... éstos están compuestos por ADN y la mayoría de ellos contiene la información para elaborar una proteína específica... cada gen tiene una localización específica en un determinado cromosoma, y el conjunto de todos los genes, contenidos en todos los cromosomas, constituye el **genoma**...

Un principio correctamente hallado determina en gran parte el éxito de la creación de la teoría científica.

... los cromosomas están constituidos por ADN, que codifica la información hereditaria, y por proteínas histónicas y no histónicas... cada cromosoma está formado por una única molécula de ADN, en la que cada gen ocupa un segmento... la especificidad de las uniones entre bases determina la conservación y la transmisión de la información hereditaria...

Es obvio que la visión generalizada se halla ligada orgánicamente a la formación y el desarrollo de los conocimientos científicos, con su contenido, dándose la circunstancia que esa ligazón posee un carácter bilateral. Por un lado, cada teoría científica —sea filosófica o de una ciencia particular, social o de una ciencia de la naturaleza, gnoseológica o exponente de las regularidades del pensamiento— desvela una faceta determinada de la realidad y contribuye a que se conforme los respectivos conceptos del hombre sobre la misma, ideas determinadas sobre el mundo, convicciones, esto es su cosmovisión. Las verdaderas teorías científicas y principios filosóficos influyen de manera activa en la formación de la visión del mundo y, por el contrario, las teorías y concepciones filosóficas acientíficas o anticientíficas forman una cosmovisión opuesta a la científica. Por otro lado, la visión del mundo ejerce un efecto activo en todos los dominios de la actividad del hombre, comprendida la cognoscitiva, e imprime su impronta en la formación de los conocimientos científicos.

De ello se desprende que la formación y el desarrollo de los conocimientos científicos dependen en grado decisivo de la cosmovisión que le guía a uno u otro científico en su investigación.

*Problema conjunto:*

Los enfermos de deficiencia de la lipoproteína lipasa (LPL) sufren una mutación hereditaria que les impide producir un enzima que, en la situación normal, degrada las lipoproteínas, o nanopartículas naturales que transportan la grasa por la sangre después de su absorción por el intestino tras una comida. El error genético causa una nefasta acumulación de grasas en las venas y arterias, hasta el punto de que la sangre ofrece un aspecto más blanquecino que rojo.

Si éste se rige por una cosmovisión correcta, moderna, auténticamente científica, entonces, a partir de las regularidades más generales del desarrollo de la realidad correctamente conocidas, le será más fácil y podrá con más rapidez desentrañar la esencia del objeto que estudia y hacer deducciones científicas y generalizaciones teóricas acertadas.

...terapia génica...

La historia de la ciencia muestra muchos ejemplos de cómo los principios filosóficos correctos han llevado a los científicos a la creación de teorías fundamentales. De igual manera, la historia en sí misma muestra ejemplos de cosmovisiones herradas que desvirtúan la realidad; por ejemplo, la historia del desarrollo del mundo orgánico articulada sobre una base metafísica. De los principios correctos, por ejemplo, la teoría biológica de la selección natural, creada por C. Darwin; principios para el desarrollo ulterior de la ciencia biológica en cuestión. En otro de los ejemplos, la teoría cinético-molecular de los gases, creada a partir de la concepción materialista de la estructura de la materia, etc., por tanto, una teoría verdaderamente científica sólo se crea a partir de los principios de la filosofía científica, guiándose por ellos en todo el proceso de formación y desarrollo de la misma.

A esta conclusión han llegado los científicos más eminentes del siglo XX. “Si por filosofía entendemos la búsqueda de conocimientos en su forma más general y amplia —ha escrito, por ejemplo, A. Einstein—, entonces, evidentemente, podemos considerarle como madre de todas las búsquedas científicas (Einstein, 1940), o en palabras de Lenin —la ciencia va “hacia el único método atinado, hacia la única filosofía de las ciencias naturales, no en línea recta, sino en zigzag, no sabiendo adónde va, sino por impulso natural, no viendo con claridad su “objetivo final”, sino acercándose a él a tientas, titubeando y, a veces, reculando” (Lenin, 1915).

## 2. Diferenciación e integración de los conocimientos científicos

La integración de los conocimientos científicos tiene lugar además en forma de investigación conjunta por varias ciencias de los procesos, objetos y fenómenos más complicados de la realidad, así como penetrando las teorías de unas ciencias en las teorías de otras, aproximando mutuamente los objetos y los métodos de investigación de distintas ciencias. Todo ello conduce a que vayan borrándose las aristas entre ciencias y teorías científicas que aparentemente nada tenían en común. Ahora cuesta trabajo marcar un límite bien definido, digamos, entre las teorías físicas y químicas, físicas y biológicas, entre ellas, tomadas por separado, y la cibernetica y entre otras muchas. De este modo se van creando las condiciones propicias, en primer lugar, para enriquecimiento y desarrollo mutuo de dichas ciencias y teorías y, en segundo, para la formación más intensa de un sistema único y diverso de teorías científicas que refleje adecuadamente la concatenación universal de los fenómenos del mundo objetivo, su unidad material.

Ello significa que, en el momento actual, se está produciendo un proceso intenso de aproximación no sólo de ciencias homogéneas, que investigan una misma forma de movimiento de la materia, sino que estudian distintas parcelas de la realidad.

De ello se infiere que la integración de las ciencias y los conocimientos científicos es un poderoso factor de elevación de la eficacia de las investigaciones científicas. Si hace más de un siglo largo el estudio de los problemas que surgen en la confluencia de distintas ciencias brindaba la posibilidad de obtener resultados científicos relevantes, hoy esa posibilidad se multiplica por mil.

La necesidad de la integración de los conocimientos científicos surge el curso del desarrollo interno de todas las disciplinas científicas. Cada una de ellas ha venido evolucionando hasta acierto momento como una ciencia autónoma con un objeto de estudio-conocimiento estrictamente definido. Pero llega a una fase en que no puede progresar con éxito si no irrumpe en regiones de la realidad que aparentemente le habían sido ajenas y eran objeto de indagación de otras ciencias. La física, por ejemplo, en una determinada fase de desarrollo se vio compelida a dedicarse a la investigación de aspectos químicos, biológicos, etc., de los fenómenos físicos, sin que era ya imposible su estudio profundo y multilateral.

Las ciencias naturales y sociales concretas, al estudiar cada una de ellas "su" dominio de la realidad, han obtenido la posibilidad de desvelar nexos y relaciones que son comunes para distintas parcelas de la misma. El resultado es que cada disciplina concreta llega a la conformación de conceptos y enunciados teóricos que por su esencia un carácter científico universal. Así, los conceptos de regularidades dinámicas y estáticas primero fueron elaborados en el marco de la ciencia física, y los biólogos fueron los primeros en acometer la investigación en detalle de conceptos científicos generales como el de sistema, estructura, etc.

Es importante el papel integrador que desempeñan las ciencias técnicas, por ejemplo la Ingeniería bioquímica; para nuestro caso. Por un lado, se hallan ligadas indisolublemente a todas las ciencias naturales; caso de las biología-química-física molecular, los resultados de cuyo desarrollo constituyen el caldo de cultivo y la base teórica de avance de la técnica y, por otro, el progreso científico-técnico ejerce en última instancia una influencia decisiva en la vida social, que es lo que condiciona la unidad indisoluble de las ciencias técnicas y sociales. Las ciencias técnicas, pues cumplen la función de eslabón de engarce de las ciencias naturales y sociales, lo que es esencial en el proceso de integración-sintetización de los conocimientos científicos a escala global.

... la lipoproteína lipasa y/o lipasa; simplemente, ha sido posible su recuperación, purificación y caracterización mediante la fermentación de *Cándida rugosa*; creciendo en ácido oleico. Estas operaciones unitarias se han fundamentado a partir de los avances de la química; principalmente de los compuestos quirales (y su aplicación), pero con apoyo indisoluble de la ingeniería química e ingeniería bioquímica - (eslabón biotecnológico: utilizando un reactor enzimático — fed-batch) -, donde las ciencias naturales en cuestión han aportado el conocimiento sobre enzimas, su actividad lipolítica y esterásica bajo un modelo cinético de Michaelis-Menten ...

La sintetización de las disciplinas científicas, que reflejan distintas facetas de la realidad, para formar una teoría única se hace una necesidad cada vez más perentoria e incluso una de las formas fundamentales del desarrollo de los conocimientos debido a que los últimos años ha aumentado en espiral la cantidad de problemas de conjunto que solamente se pueden estudiar con los recursos de distintas teorías y disciplinas científicas. Algunos autores estiman incluso que la división de la ciencia en distintas disciplinas está cediendo plaza ahora a su división en distintos problemas más de conjunto globales que agrupan diferentes teorías y disciplinas científicas.

Lo más probable es que una tendencia no excluya a la otra, pero lo que sí es evidente es que las investigaciones dentro de varias disciplinas vienen adquiriendo creciente importancia en el desarrollo de los conocimientos científicos. Es obvio que el problema de la conquista del cosmos, el problema ecológico, la mecanización y automatización de la producción y otros problemas globales no puedan ser estudiados con los mismos medios de una teoría o de una disciplina científica, e incluso, ciertos problemas mucho más específicos busquen el apoyo de teorías existentes de dominios inimaginables (Trapéznikov, 1973)..

Por tanto, la investigación de los problemas de conjunto y de toda la ciencia requiere la búsqueda de nuevos métodos, formas y medios de conocimiento. No es casual que en el conocimiento científico hayan comenzado a aparecer y adquirir creciente importancia métodos de conocimiento científico generales como el estructural-sistémico, informativo, probabilista, etc.

### 3. Frontera entre las ciencias biomoleculares y la Ingeniería Bioquímica

En este escrito se manifiesta la necesidad de elaborar un sistema de problemas conjuntos para diversos campos y cuyo fin último, posibilite “tamizar” disciplinas, y con ella, teorías científicas.

En la búsqueda de los métodos de conocimiento para tal propósito, los métodos de las ciencias técnicas han sido los menos estudiados. Esto no sólo tiene que ver con las dificultades características de toda investigación metodológica, sino también con la necesidad de hallar los fundamentos para separar las ciencias técnicas, de otras ramas de proceso social de conocimiento.

Normalmente, la concentración de proteína resultante al final de una fermentación es del orden de unos pocos gramos por litro, pudiendo llegar a ser del orden de miligramos por litro...

... esto conlleva e impulsa a la investigación... de...

... métodos de concentración de la proteína a partir de caldos de cultivo, además de perseguir la eliminación de ciertos componentes como son la biomasa (para proteínas extracelulares, como es el caso de la lipasa de *Candida Rugosa*) y la reducción de la elevada concentración de sales orgánicas que suelen tener los medios de fermentación...

En el proceso del trabajo, el hombre entra en dos sistemas de interacciones. Por un lado, modifica los objetos de la naturaleza y les otorga la forma de valores de consumo. En este caso, utiliza los cuerpos naturales, los elementos de su estructura y las interacciones y procesos que tienen lugar en la naturaleza. Por consiguiente, para realizar y desarrollar la producción de valores de consumo, el hombre está obligado a estudiar la naturaleza. Debido a ello, en un determinado peldaño del desarrollo de la producción, el conocimiento de los procesos naturales adquiere la forma de ciencia, y las ciencias naturales se convierten en condición necesaria para el desarrollo de las fuerzas productivas (Keldish (1966)).

Por otra parte, durante el proceso de trabajo, el hombre entra en una relación mutua con los medios de trabajo, con semiproductos y quipos tecnológicos, con objeto de consumo productivo personal. No todos los objetos enumerados son cuerpos naturales, son extensión de las funciones humanas...

... “la naturaleza no crea sistemas de purificación por cromatografía hidrofóbica y de intercambio iónico utilizando la tecnología FPLC...”

Todo esto son órganos del cerebro humano creados por la mano del hombre, la fuerza materializada del conocimiento (Marx, 1939)<sup>1</sup>.

Para realizar el proceso de trabajo, el hombre debe primeramente modelar cada acto elemental de ese proceso, construir los modelos de los medios de trabajo, los objetos de trabajo y los valores de consumo, y construir objetos que se correspondan con estos modelos. Sólo entonces el hombre es capaz de transformar los objetos de la naturaleza en valores en valores de consumo, actuando con los medios de trabajo sobre los objetos de la naturaleza y realizando un número finito de operaciones. De aquí se desprende que la producción presupone la actividad constructiva del hombre. El desarrollo de la producción exige la construcción de nuevos actos del proceso de trabajo, de nuevos objetos de consumo productivo y personal. Por consiguiente, además del proceso de conocimiento de la naturaleza, debe funcionar constantemente al proceso de construcción. Si las ciencias naturales tienen por objeto de conocimiento a la estructura de los cuerpos y procesos naturales, a su vez la creación de objetos de consumo productivo y personal, de actos del proceso de trabajo, de la tecnología de la producción y de otros subsistemas del ciclo productivo, es un sector de las ciencias especiales (por ejemplo las técnicas). Se trata de procesos específicos de construcción en los cuales los objetos de construcción son los de consumo personal y productivo.

### 4. ¿Cuáles son los métodos de las ciencias técnicas? ¿Cuáles sus particularidades específicas?

Ya que los métodos constituyen un conjunto de operaciones ordenadas por el científico en una secuencia, determinada por la estructura de la ciencia (Bikov, 1969)<sup>2</sup>, es menester examinar la estructura de las ciencias técnicas... y terminamos.

<sup>1</sup> Marx, C.: “Manuscritos no publicados”, en *Bolshevik*, No. 11-12, p. 63, 1939.

<sup>2</sup> Ver Bikov, V. V.: “Los métodos de la ciencia y la creación científica” y “la creación científica”, en *La ciencia*, p. 239, Moscú, 1969.

Desde el punto de vista gnoseológico, las ciencias naturales son una forma específica del proceso de conocimiento, cuyo modelo más general puede ser expresado de manera esquemática en la forma <<científico → medios del conocimiento → objeto de conocimiento>>. En este caso, el objeto de conocimiento es un determinado elemento de la estructura del cuerpo y/o fenómeno natural. A diferencia de las ciencias naturales, las técnicas no tienen un objeto real anterior al ciclo cognoscitivo.

La actividad creadora no puede realizarse exclusivamente en el pensamiento. El hombre no es capaz de modificar la estructura del proceso de trabajo sin entrar en interacciones específicas con él y sus elementos.

... diseñar sistemas de purificación por cromatografía hidrofóbica y de intercambio iónico utilizando la tecnología FPLC... , para concentrar proteínas”.

Estas interacciones, así como los elementos del proceso de trabajo que cumplen determinadas funciones en la actividad creadora del hombre, constituyen un proceso constructivo. Hasta un determinado nivel de desarrollo de la producción, el proceso constructivo es uno de los subsistemas de interacciones. En este caso, el hombre utiliza los medios de trabajo y los objetos de éste como medios y objetos de construcción, situándolos en relaciones que son propias del proceso constructivo: uno de ellos tiene la forma <<Constructor → medios de trabajo en funciones de medios de construcción → objetos de trabajo en funciones de objetos de construcción>>. Por medio de este esquema se crean nuevas formas de objetos de trabajo, es decir, toman forma las exigencias económicas y tecnológicas de los objetos de trabajo y se elaboran las nuevas formas de los mismos que satisfacen esas exigencias, se seleccionan nuevos materiales.

En los casos en que los medios de trabajo se convierten en objetos de construcción, el esquema del proceso constructivo adopta el tipo << constructor → objetos de trabajo en función de medios de construcción → medios de trabajo en función de objeto de construcción>>. En este caso, los parámetros del objeto de trabajo están dados, es decir, se da el material del cual se fabrican, su dureza, composición química, la geometría o cualesquiera otras propiedades.

## 5. Referencias

### Artículos de revistas

- Baulcombe, D. Unwinding RNA silencing. *Science* 2000; 290: 1108-9.
- Bikov, V. V. (1969). “ Los métodos de la ciencia y la creación científica ” y “ la creación científica ”, en *La ciencia*, p. 239, Moscú.
- Ferrero, PV., Layana, C., Paulucci, E., Gutiérrez, P., Hernández, G., Rivera-Pomar, RV. Cap binding-independent recruitment of eIF4E to cytoplasmic foci. *Biochim Biophys Acta.* 2012; 1823 (7): 1217-24.
- Fire, A., Xu, S., Montgomery, MK., Kostas, SA., Driver, SE., Mello, CC. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. *Nature* 1998; 39: 806-11.
- Obbard, DJ., Jiggins, FM., Halligan, DL., Little, TJ. Natural selection drives extremely rapid evolution in antiviral RNAi genes. *Curr Biol.* 2006; 16 (6): 580-5.
- Layana, C., Ferrero, P., Rivera-Pomar, R. Cytoplasmic Ribonucleoprotein Foci in Eukaryotes: Hotspots of Bio (chemical) Diversity. *Comp Funct Genomics.* 2012.

### Libros

- Marx, C., y Engels, F. (1939). *Obras tempranas M.*, , 596.
- Trapéznikov (1973). *La ciencia filosófica marxista-leninista y la contemporaneidad – Voprost filosofii*, M., N:8, p.18.
- Keldish, M. (1966). *Las ciencias naturales y su importancia para el desarrollo de la visión del mundo y el progreso técnico - “Kommunist”* N. 17, pp. 29-30.
- Lenin, VI. M. (1908). *Materialismo y empiriocritismo. O.C.*, t 18, p.348

### Fuentes electrónicas

- <http://www.alberteinstein.info/>
- <http://sintraintevep.com/attachments/article/42/Materialismo%20y%20Empiriocritismo%201908.pdf>.

## Sobre el autor

- **Claudio Raúl Bernal Bustos:** Licenciado en ciencias de la educación, especialidad en química, Máster en Nutrigenómica y Nutrición Personalizada, Máster en Seguridad y Biotecnología Alimentaria, Conducente al grado científico de doctor en Avances en Ciencias y Biotecnología Alimentaria. Investigador Departamento de Investigación Universidad de América, [claudio.bernal@investigadores.uamerica.edu.co](mailto:claudio.bernal@investigadores.uamerica.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)