

### Seminario

## ***Estudios actuales sobre el pensamiento científico: Visiones semánticas del razonamiento en ciencias***

Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Año 2003, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

### **Introducción**

Se informa aquí sobre producciones generadas a partir del Seminario: “*Estudios actuales sobre el pensamiento científico: visiones semánticas del razonamiento en ciencias*”, realizado en el año 2003 en el marco de la cátedra Introducción al Pensamiento Científico, de la Facultad de Ciencias Sociales de la UNCPBA.

Entre los propósitos del Seminario estuvo el de relacionar posturas epistemológicas que forman parte del programa de contenidos de la cátedra con algunos de los actuales marcos teóricos que dan sustento a trabajos de investigación sobre la actividad científica, y utilizar los resultados de este trabajo para contribuir al mejoramiento de las condiciones en las que se desarrolla el proceso de aprendizaje en los estudiantes que cursan la asignatura. En relación con ello decidimos estudiar producciones de autores que no se incluyen en los programas tradicionales de la asignatura, con miras a difundir estas realizaciones en el ámbito académico.

Esta publicación responde al propósito de difusión recién mencionado, esto es, **se intenta poner en consideración de los lectores algunos planteos teóricos y desarrollos de investigación que contemplan rasgos de la construcción del conocimiento científico sobre los cuales no es usual que se centre la atención.**

Además de presentar algunas consideraciones generales acerca de las actividades desarrolladas en el Seminario, este artículo contiene aportes de sus participantes, quienes han elaborado síntesis de las exposiciones realizadas, agregándoles las contribuciones surgidas en los debates.

El estilo del Seminario no fue el de un Curso en el cual un experto diserta sobre ciertas temáticas. Se dio así ocasión para un genuino aporte de los participantes, tanto en la presentación de exposiciones sobre las lecturas realizadas, como en la incorporación de nuevos materiales bibliográficos.

Trabajamos sobre algunas de las cuestiones que quedan abiertas en los textos de uso corriente para el estudio básico de la Epistemología, relacionadas con el carácter **humano** de la producción científica. Si bien el tratamiento temático usual incluye epistemologías no-standard, visiones que se dirigen al científico como individuo (ej.: la obra de G. Bachelard, "*La formación del espíritu científico*" que contempla los obstáculos que se han de superar en el camino hacia la constitución de tal *espíritu*) y otras que reconocen la importancia del carácter social de la construcción del conocimiento (T. Kuhn, entre otros), consideramos apropiado profundizar en estos tópicos. Tal profundización puede hacerse de varias maneras, y entre ellas elegimos la de estudiar los informes de investigación que aparecen en actas de congresos y en revistas especializadas, donde el pensamiento científico y la actividad que se da al interior de las comunidades científicas constituyen el objeto de estudio.

En la última década se han difundido investigaciones que muestran al pensamiento analógico como un protagonista importante en el proceso de interpretación de resultados, así como en el de creación de conceptos científicos. La analogía y la abducción, siendo formas de inferencia que carecen de validez lógica para establecer resultados concluyentes, han sido sin embargo reconocidas como estrategias

potentes para generar hipótesis. A ello se agrega la concepción de la actividad del científico como un proceso de creación, empleo y evaluación de modelos, concepción que ha ganado notable consenso en la comunidad de especialistas. En este marco, la atribución de significados juega un rol fundamental, y ciertas decisiones que toma el científico están más regidas por consideraciones semánticas que por la evaluación del formato lógico de su razonamiento.

Al estudiar los modelos que construye un científico para interpretar y/o manipular una situación real se abren varias dimensiones de análisis, de las cuales en este Seminario se examinaron dos: la que toma en cuenta la inserción de ese constructo en los saberes comunitarios, y la que se remonta a la génesis de ese modelo.

La primera puede tener referentes que varían en función de los aspectos que se enfatizan. Uno de ellos es el marco de los sistemas de cognición distribuida, en el cual la concepción de sujeto epistémico propuesta por Karin Knorr-Cetina (socióloga que aborda cuestiones de antropología) es analizada en los trabajos del epistemólogo R. Giere. Tomamos además un referente con mayores componentes empíricos en estudios del pensamiento científico, representado por informes de K. Dunbar, en los cuales se muestran los resultados de aplicar estudios etnográficos a las comunidades de científicos.

La segunda se encuadra en la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y algunos desarrollos de la Psicología Cognitiva. En este Seminario esa línea está representada fundamentalmente por los trabajos de N. Nersessian, filósofa que se ha especializado en estudios cognitivos acerca del cambio conceptual en ciencias.

Los autores propuestos configuran una vertiente de investigación que, habiéndose iniciado desde las ciencias naturales, ha ido incorporando sucesivamente cuestiones que atañen a todo tipo de estudios científicos. Se considera que ellos representan nuevas maneras de abordar al pensamiento científico como objeto de estudio, por-

que se dedican a ciertos aspectos psicológicos y sociológicos que no son los más usuales en los estudios epistemológicos. Intentan dar respuestas a interrogantes sobre el llamado contexto de descubrimiento, la creatividad puesta en juego en la construcción de la Ciencia, las acciones recíprocas que se dan entre quienes realizan esa construcción, etc. valiéndose de los aportes de otros campos disciplinares hacia la Epistemología.

En los apartados que siguen hacemos una reseña de las presentaciones que incluye los aportes de las consecuentes discusiones grupales. En cada uno de ellos indicamos los datos básicos de la bibliografía (las referencias completas se encuentran al final del artículo). En las “notas al final” se indican los datos del presentador de cada trabajo discutido en el seminario.

## **1.- Los sistemas de cognición distribuida**

Este tema, presentado por Stella M. Islas<sup>1</sup>, fue discutido a partir del trabajo “*Scientific cognition as distributed cognition*” (R. Giere, 2002) en el cual el autor muestra su preocupación por reducir la brecha entre las teorías cognitivas y sociales de la ciencia. Emplea para ello la noción de *cognición distribuida*, que toma de Hutchins, de Knorr-Cetina y otros antropólogos, y de la neurociencia. Esta noción propone que la composición de un sistema de cognición incluye no solamente a mentes (con lo cual se tendría meramente un sistema de cognición colectiva), sino también a instrumentos y otros artefactos. Estos elementos configuran un sistema que es efectivo merced a determinada organización de las diversas unidades de información, que actúan de modo coordinado. Esta valorización del aspecto comunitario de la construcción de conocimiento es la que tiende un puente entre los enfoques cognitivos (acusados de individualistas) y los constructivistas. La estructura social del sistema dota de organización a las interacciones que

se dan en su interior, tanto a las de las personas entre sí como a las interacciones con los artefactos y dispositivos que se emplean en el ámbito científico.

Un sistema cognitivo así concebido opera valiéndose de las representaciones internas (modelos mentales) que construyen los individuos y de las representaciones externas, cuya comprensión permite compartir significados. Desde esta postura, una revolución científica (en el sentido kuhniano) sería interpretada como generadora de un nuevo sistema de cognición distribuida.

## **2.- El cambio conceptual en ciencias**

**2. a.** Para hacer un primer análisis de este tema, presentado por Stella M. Islas, se tomó el artículo "*Model-Based Reasoning in Conceptual Change*" (Nersessian, 1999) que ofrece elementos teóricos acerca de la manera en que desde la línea desarrollada por esta autora se concibe a los cambios conceptuales que tienen lugar en el ámbito científico. Tomando como referente básico a la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, este enfoque procura desplazar el foco de atención desde los *productos* del cambio conceptual hacia los *procesos* por los cuales ese cambio tiene lugar. Este cambio lleva el foco hacia las prácticas científicas, y específicamente hacia las formas de razonamiento a través de las cuales se da la construcción conceptual. Entre esas prácticas, la autora da preeminencia a tres: la creación de analogías, el empleo de representaciones visuales, y la experimentación mental (o pensada). Todas ellas son formas de razonamiento basado en modelos.

En la tradicional Filosofía de la ciencia, la noción de razonamiento científico aparece restringida a los argumentos inductivos y deductivos. Esta noción debe ser expandida para poder analizar los aspectos creativos del razonamiento científico. De este modo, el razonamiento por analogías y las formas abductivas de inferencia cobran

relevancia a la hora de interpretar la construcción de conocimiento científico. Son valiosos en este emprendimiento los aportes de otras disciplinas, tales como la Psicología Cognitiva y los desarrollos relacionados con la Inteligencia artificial.

Las formas de razonamiento que se emplean en la ciencia no difieren esencialmente de las que son típicas de los humanos y que se usan en circunstancias ordinarias. Sí difieren en cuanto al tipo de situaciones que abordan (más abstractas en el campo científico) y en el conocimiento teórico que demandan.

Varios filósofos contemporáneos sostienen que las bases de las que se valen los científicos generalmente no son los sistemas axiomáticos ni las redes proposicionales, sino los modelos. Éstos son análogos estructurales de los sistemas físicos. La historia de la ciencia muestra que los modelos preceden a la creación de las leyes y axiomas de las teorías. Gran parte del entrenamiento de los científicos novatos consiste en aprender los modelos aceptados en su comunidad y desarrollar la capacidad de manipularlos.

El razonamiento basado en tales representaciones analógicas de los sistemas reales sigue un formato abductivo: ante una situación que es -en alguna medida- desconocida, se apela al acervo de saberes previos para encontrar alguna regla general en la cual esa situación pueda encuadrarse. No se extrae de aquí ninguna conclusión que desde la lógica pueda garantizarse como verdadera, porque el razonamiento no es válido, pero permite formular una conjetura, una hipótesis que oriente el curso que ha de seguir la investigación. Permite suponer qué podría suceder en determinadas circunstancias, cuáles serían los resultados de una determinada acción, en suma, posibilita lo que N. Nersessian denomina un “experimento mental”.

La experimentación mental es una forma de simulación que ha cumplido un rol central en el cambio conceptual en ciencia. La narrativa de estos experimentos hace posible que el lector de la misma

construya un análogo estructural de lo que en ella se describe y, en consecuencia, genere las inferencias necesarias para hacer una simulación mental de lo narrado. El científico que accede a estas narraciones puede inferir las consecuencias de un experimento de una manera mucho más fácil que si tuviera que extraerlas de un análisis lógico.

En la presentación siguiente se profundizó sobre dos de los temas que este trabajo introductorio deja planteados: la experimentación mental y el estilo de la narrativa científica.

**2.b.** “En el laboratorio del teórico: experimentación pensada como modelado mental” (Nancy Nersessian - Universidad de Princeton, EE.UU.)

En este artículo, presentado por Constanza Caffarelli<sup>2</sup>, Nersessian dedica su análisis al funcionamiento de los *experimentos pensados* en ciencia, matemáticas y filosofía.

Los experimentos pensados han tenido acuerdos y críticas por parte de la comunidad científica. Pierre Duhem (1914) ha desestimado toda clase de experimentos pensados arguyendo que “*no sólo no han sido puestos en acto sino que es imposible llevarlos a la práctica*”: si fuesen puestos en acto, la dimensión mental o “pensada” no sería ya pertinente en su definición, al tiempo que si no trascienden esta última, no puede considerárselos experimentales (op. cit, pág. 202)

Por su parte, Alexandre Koyré (1939, 1968) señaló que la función de idealización de los experimentos pensados resulta esencial en el pensamiento científico. Se requiere idealizar para “matematizar” la naturaleza y ello puede desarrollarse únicamente en la mente y no en el laboratorio. Koyré concluye que el experimento pensado suplanta la experimentación en el mundo real.

Los filósofos de la ciencia, generalmente influenciados por el positivismo lógico, encontraron afinidad con la posición de Duhem, dominante hasta hace poco tiempo. A raíz de ello sostuvieron que los

experimentos pensados no realizan contribuciones significativas al razonamiento científico. Pero esta última afirmación se basa en una concepción limitada acerca del razonar, generalmente asociada a la aplicación de reglas formales de inferencia a sistemas de proposiciones.

Nersessian señala que la experimentación mental o pensada es el principal medio a partir del cual los científicos modifican sus estructuras conceptuales, y propone que constituyen una clase de razonamiento basado en la simulación. Su hipótesis señala que aquello que distingue a los experimentos pensados de los argumentos lógicos y de otras formas de razonamiento proposicional es el hecho de que razonar en el contexto de experimentos pensados implica construir y realizar inferencias a partir de una simulación mental. La construcción original de un experimento de esta clase consiste en la construcción de un modelo dinámico en la mente del científico, quien imagina una secuencia de eventos y procesos, e infiere resultados. A partir de ello, construye y organiza una secuencia narrativa que describe las particularidades y la secuencia del experimento, de modo tal que pueda ser comunicado a otros.

El marco a partir del cual Nersessian analiza y discute la experimentación mental o pensada como práctica está dado por la psicología cognitiva. Nersessian examina la literatura referida al modelado mental durante la comprensión narrativa, la cual ha de conducirla a su afirmación inicial respecto del rol significativo que desarrolla la forma narrativa de presentación del experimento pensado en el proceso de experimentación.

#### **“Modelado mental” en la comprensión de la narrativa**

Para abordar la comprensión narrativa en los experimentos pensados, la autora se vale de las estructuras cognitivas y las operaciones de uso común que han sido investigadas con detalle por la psicología cognitiva. La lectura, la comprensión, el pensar acerca de his-



torias parecen compendiar la relación del pensamiento con el lenguaje, esto es, la manera en que el lenguaje refleja el pensamiento.

La noción contemporánea acerca del rol significativo de los modelos mentales en el pensamiento humano fue formulada inicialmente por Kenneth Craik en 1943. Sostuvo que los sujetos razonan desarrollando y llevando adelante experimentos pensados, que se basan en modelos internos. Esta hipótesis fue profundizada recién a partir del desarrollo de la psicología cognitiva, en la década del '60.

Según Nersessian, existen diversas teorías que dan cuenta de los modelos mentales. La distinción más significativa consiste en aquella que trata a los modelos mentales como estructuras almacenadas en la memoria de largo plazo, y que luego son actualizadas mediante el razonamiento, y aquellas que conciben a los modelos mentales como estructuras temporarias que se construyen mediante la memoria de trabajo, en función de un razonamiento específico. La autora adhiere a esta última posición, según la cual el modelo mental se construye a partir de la narrativa que expresa el experimento pensado, y es utilizado en el razonamiento.

Nersessian se basa en los aportes de Philip Johnson Laird, cuyo trabajo focaliza en la estructura de pensamiento temporario. Siguiendo sus formulaciones, define un modelo mental como un análogo estructural de una situación, evento o proceso del mundo real, que la mente construye y utiliza como un medio en el proceso de razonamiento. Habla de análogo estructural en tanto éste corporiza la representación de las relaciones espacio-temporales entre elementos, y la estructura causal que conecta los eventos y entidades involucradas en el modelo.

En su forma, el modelo mental es no proposicional. El modelado mental tampoco es comparable a la construcción de una fotografía o imagen mental. No requiere un aspecto introspectivo, sino

solamente la *habilidad para razonar por medio de un modelo análogo*.

En el campo de investigación sobre la comprensión de la narrativa, las expresiones lingüísticas asisten al lector/escucha en la construcción del modelo mental y en el razonamiento acerca de la situación que está descrita por dicha narrativa. La función de la forma narrativa de presentación de un experimento mental consiste en guiar al lector en la construcción de un análogo estructural de la situación que este modelo describe, para realizar inferencias a través de la simulación de eventos o procesos plasmados en la narrativa. De este modo, junto con otras formas de modelo discursivo, las operaciones que se llevan a cabo en la ejecución del experimento pensado se basan en un modelo construido, antes que en proposiciones.

Al contrario que en la narrativa ficcional, en el contexto del experimento mental el científico deja claramente sentado que la situación que trata de representar es una situación de potencial desarrollo en la realidad. El experimento mental debe constituirse en un medio efectivo a partir del cual acceder a la comparación en una comunidad científica. En la presentación que vehiculiza la narrativa se han hecho abstracciones significativas, que ayudan a que la atención se focalice en las dimensiones salientes del modelo y a que se reconozca la situación como prototípica. Por eso se dice que las consecuencias experimentales van más allá de la situación específica que describe el experimento.

En definitiva, dice Nersessian, el experimento pensado es una compleja forma de razonamiento que integra diversos tipos de información (proposiciones, modelos, ecuaciones) en modelos mentales dinámicos, y mediante la adición o combinación de dimensiones conceptuales y experimentales, y en el marco del proceso cognitivo humano, es capaz de demostrar las consecuencias indeseadas que una situa-

ción tendría en la realidad; de este modo, impulsa hacia el cambio representacional.

### **Características de los experimentos mentales o pensados**

- El experimento pensado se presenta públicamente mediante una narrativa. La narrativa tiene el carácter de una simulación e invita al lector/escucha a imaginar una escena dinámica.
- El lector es invitado a seguir una secuencia de eventos o procesos verosímil a aquella que tiene lugar en la realidad. Si el experimento pudiese ser llevado a la práctica, reflejaría el modo en que estos hechos se presentan en la realidad.
- Un experimento pensado o mental es publicado cuando se encuentra pulido. No suelen darse a publicidad los prolegómenos o la “cocina” del trabajo.
- La narrativa del experimento pensado se basa en abstracciones. Existe una selección, una focalización en las dimensiones más relevantes. Esto tiende a que los lectores reconozcan una situación como prototípica.
- Un experimento pensado es usualmente tan convincente que aún cuando es posible llevarlo a la práctica, el lector no siente la necesidad de hacerlo.

Luego de abordar estas dos cuestiones, el cambio conceptual en ciencias fue analizado en relación con los procesos de cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias.

### **2.c.- Cambio Conceptual en Ciencia y en la enseñanza de la Ciencia**

La presente síntesis y traducción del texto de Paul Thagard (2003) “Cambio conceptual” fue realizada en el marco de este Seminario -y presentada por Martín Porta<sup>3</sup>- con el objetivo de trabajar algunas

nociones que nos sitúen en los debates contemporáneos acerca del conocimiento científico, y especialmente en este caso, cómo se produce dicho conocimiento a partir de la alteración de estructuras mentales. Este proceso ha sido asimilado muchas veces al proceso que se lleva a cabo en los estudiantes en el período de aprendizaje, con lo cual se desprenden de estas comparaciones una serie de problemáticas a tener en cuenta en la enseñanza de la ciencia. Thagard plantea que suponiendo que sea verdad que el aprendizaje en niños y en científicos comprende cambios radicales conceptuales más que la sola acumulación de nuevos conceptos y opiniones; entonces, la enseñanza no puede ser entendida únicamente como la provisión de nuevos materiales a la red conceptual con que los estudiantes ya conocen. La educación en ciencia y otras asignaturas requiere un proceso de cuestionamiento más arduo que tratar con conceptos previos e hipótesis que guían el pensamiento de los estudiantes. Si maestros y profesores no son conscientes de que los estudiantes vienen a las clases de ciencia con sus concepciones previas sobre los procesos físicos, no comprenderán muchas de las dificultades que los estudiantes tienen en el aprendizaje.

Según Paul Thagard,

*“el cambio conceptual es la creación y alteración de representaciones mentales que se corresponden a palabras. (...) El cambio conceptual es producido por procesos mentales que crean y alteran tales representaciones mentales”* (op. cit.: 666).

El autor plantea que se pueden reconocer diferentes tipos de cambio conceptual y por ende, diferentes procesos en ellos involucrados.

- 1) Los tipos más simples de cambio conceptual se dan cuando la gente aprende nuevos conceptos.
- 2) Un tipo más complejo es aquel que se produce cuando existen conceptos que deben ser ajustados y reorganizados para acomodar una

información nueva, produciéndose en este caso, una alteración del significado con relación a otros conceptos y al mundo.

- 3) En un cambio conceptual radical el desarrollo del conocimiento implica un cambio en el cual una colección de importantes conceptos experimenta alteraciones en su significado. En este caso, no se trata simplemente de una acumulación de nuevos conceptos o creencias, se requiere una sustancial revisión y reestructuración de las representaciones mentales.

Dichos tipos de cambio conceptual han sido estudiados por diferentes científicos y en diferentes situaciones. Algunos de esos estudios marcan analogías entre el cambio conceptual en la ciencia a partir del desarrollo y cambio de teorías científicas (cambio de paradigma en Kuhn) y el cambio conceptual en chicos. Otros relativizan dicha analogía (marcando la importancia que la misma ha tenido para comprender los procesos de aprendizaje) y sitúan el aprendizaje en chicos y estudiantes en un ámbito más fragmentado, y quizás más complejo ya que implica comprender no sólo procesos cognitivos sino también motivaciones, estimulaciones y contextos sociales y emocionales. Según algunos de estos estudios *“el cambio en las opiniones de los chicos se produce poco a poco, fragmentos aislados de nuevas teorías de objetos y cosas que son adquiridos de la experiencia y la enseñanza”* (Thagard, op. cit.). En todas las explicaciones posibles sobre el tema, filósofos y psicólogos han debatido sobre los mecanismos cognitivos mediante los cuales se construyen los nuevos sistemas conceptuales.

Entre estos se resaltan: a) las combinaciones conceptuales que se hacen de conceptos existentes previamente, o sea, la idea de que la composición de conceptos genera otro concepto que excede a la unión de conceptos individuales; b) procesos creativos analógicos, donde los nuevos conceptos son formados por adaptación y transformación de conceptos previos; c) coherencia explicativa (considerada el mayor

mecanismo de cambio conceptual a gran escala): los científicos adoptan una nueva teoría con estos sistemas conceptuales porque suministran la mejor explicación de la evidencia y son más coherentes con otras opiniones.

Teniendo en cuenta las anteriores clasificaciones y tipologías que nos plantea el autor referentes al cambio conceptual, y más allá de que la comparación entre formas de conocimiento en científicos y estudiantes no se puede hacer de una manera simple, resalto la idea que subyace a la presentación y posterior debate de este texto, esto es, la profundización y complejización del campo de abordaje de las formas de conocimiento. En este sentido, y para profundizar en el debate, se presentó también un paper en el que se trabaja la noción de cambio conceptual en la enseñanza de la Teoría de la Evolución (Sánchez M., 2003). En dicho texto la autora plantea la complejidad de la enseñanza de la ciencia, ya que la misma implica que el alumno abandone conceptos aprendidos significativamente a favor de ideas nuevas poco familiares. Esto es muy importante dado que, como planteáramos desde Thagard, los docentes tienen que ser conscientes de esto porque de otro modo los estudiantes sólo repiten lo que los docentes “desearían” escuchar y las representaciones mentales no se modifican (se trataría solamente de una práctica de acreditación y no de un aprendizaje verdadero). El eje central del trabajo lo constituye la enseñanza de la Teoría de la Evolución, dado que según la autora, no solo se trata de una teoría que vuelve muy complejo su aprendizaje sino que también se encuentra asociada a una serie de significaciones erróneas provenientes del sentido común.

Todo el planteamiento realizado nos permite avanzar hacia la comprensión de procesos de conocimiento científico teniendo en cuenta la creatividad y los factores psicológicos, emocionales y sociales; nos permite pensar el campo de la ciencia y sus problemáticas desde posicionamientos más humanos. Juntamente con lo cual, nos pode-

mos ir acercando gradualmente al estudio de las alteraciones que se producen en los esquemas representacionales con los que se conoce y a las motivaciones que benefician u obstaculizan dichas alteraciones.

**2.d. La dinámica del cambio conceptual en ciencia** (presentado por Julieta Soncini<sup>4</sup>)

Al preguntarnos acerca de la forma en que piensan los científicos, es inevitable tener presente el proceso creativo a través del cual ellos articulan todo lo que les resulta nuevo. Ahora bien, ¿es posible entender la forma en que los científicos resuelven los problemas, o lo que hacen cuando crean nuevas concepciones y conceptos?

Nersessian (1992), considera que sí es posible entenderlo y para ello propone el “Cognitive-Historical Analysis” (Análisis histórico-cognitivo); que le permite un mejor análisis del proceso creativo del descubrimiento científico y el cambio conceptual. Esta autora considera que para desarrollar este tipo de análisis deben relacionarse:

1. Las estructuras de las prácticas teóricas y experimentales de los científicos que han desarrollado los mayores cambios en la teoría científica.
2. Los estudios de las habilidades cognitivas y de las limitaciones de los seres humanos que se vinculan con lo que usualmente se denomina “cambio conceptual”. Esto incluye áreas de representación, resolución de problemas y crítica, (estudios aportados por la psicología cognitiva, la inteligencia artificial, la lingüística, la filosofía, entre otros).

El análisis histórico-cognitivo supone que las estrategias que los científicos han inventado y las prácticas representacionales que han desarrollado a lo largo de la historia de la ciencia son tan sofisticadas y refinadas como el razonamiento ordinario y su proceso representacional. Es por ello que en la historia, las prácticas del conocimiento científico pueden ser consideradas como las bases del desa-

rollo de la teoría de cambio científico; al ser la ciencia el producto de la interacción de la mente humana con el mundo y con otros humanos.

Podemos sostener entonces que un análisis de la ciencia debe ser tomado en tres contextos, los tradicionales de justificación y descubrimiento y el que Nersessian propone: *el contexto de desarrollo*. Este último es el dominio en el cual una vaga especulación se articula a una nueva teoría científica, la cual es comunicada a otros científicos y reemplaza las representaciones existentes. Este proceso es largo en el tiempo, dinámico en su naturaleza y se encuentra inserto en contextos sociales. Entonces, para entender el cambio conceptual por ejemplo, se debe entender tanto la forma en que los científicos combinan sus habilidades conceptuales con los recursos disponibles en tanto miembros de comunidades científicas, como el amplio contexto social para crear y comunicar las nuevas representaciones científicas de un determinado campo. Así, esta postura es capaz de tratar al cambio conceptual desde un proceso dinámico e histórico (que es continuo y no acumulativo).

El cambio conceptual se vincula principalmente con los modelos mentales, porque al cambiar, ayudan a cambiar el marco conceptual de los científicos. Estos modelos (que usan estructuras análogas del mundo real o de situaciones imaginadas) forman uno de los sistemas de representación de una teoría, al igual que el sistema proposicional (en el que se usan signos lingüísticos - símbolos) y el sistema de imágenes (en el que se usan modelos mentales desde una perspectiva específica).

Asimismo, el cambio conceptual en ciencia requiere ser definido desde los aspectos descriptivo y explicativo del fenómeno. Estas dimensiones son llamadas: “Kinemática”, que se refiere a problemas de cómo se representa el cambio; y “Dinámica” que se refiere al proceso a través del cual el cambio es creado. Entonces, el proceso de razonamiento al crear esquemas comunes a los dos dominios o campos



mencionados, permitirá al mismo tiempo crear modelos mentales para la resolución de problemas.

Por ello también, para la historia del cambio científico son importantes tanto el razonamiento analógico como el razonamiento imaginario, los experimentos pensados y el análisis de casos límite. Porque al razonar analógicamente, se crea un puente entre lo existente y los nuevos marcos conceptuales a través del mapeo de estructuras que relacionan lo viejo con lo nuevo, (Sellars, 1965, en Nersessian op. cit.). En este sentido, al resolver problemas por analogía se deben tener presentes distintos pasos, entre los cuales se encuentran la determinación de la estructura central que conservan los sistemas a relacionar, el establecimiento de la consistencia estructural por medio de vinculaciones isomórficas al registrar los objetos y sus relaciones, y el logro de la sistematicidad, donde los sistemas de mapas se interconectan causalmente o matemáticamente. Asimismo y en este sentido, los experimentos pensados, que son una forma de “modelado del mundo” porque construyen idealizaciones mediante simulaciones mentales, también han sido y son muy útiles, así lo afirma Koyré (1939, en Nersessian op. cit.), porque sostiene que reemplazan a la experimentación real en la construcción de representaciones de los fenómenos y muestran la naturaleza a priori del conocimiento científico.

### **3. El pensamiento en las comunidades de científicos**

#### **3.a. Las inferencias analógicas y el razonamiento distribuido** (presentado por Stella M. Islas)

A modo de ejemplo de estudios de campo sobre este tema consignamos nuestros comentarios sobre trabajos de K. Dunbar (Dunbar, 2000). El equipo de investigación liderado por este autor se vale de múltiples fuentes para analizar las formas de razonamiento que se ponen en juego en la actividad de grupos de investigadores en Biología

molecular de varios países. Han tomado datos etnográficos sobre diversos aspectos del trabajo de estos grupos: resultados experimentales, reuniones de equipo, planeamiento de nuevos experimentos, conferencias, redacción de artículos para revistas.

Empleando la terminología propia de la Biología, el autor habla de estudios “*in vivo*”, ya que exploran la actividad normal de los científicos, registrando lo que habitualmente sucede en laboratorios, bibliotecas, sedes de eventos, etc. Los datos se complementan luego con los de entrevistas sostenidas con los científicos. Entre sus resultados vale destacar:

- La *importancia de los hallazgos inesperados*. Ignorados por muchas investigaciones sobre el pensamiento científico, este tipo de hallazgos (resultados experimentales que no se condicen con las predicciones formuladas) se encontró en este estudio con una elevada frecuencia. El autor de este trabajo señala que “*a los científicos novatos se les debe enseñar a esperar lo inesperado*” (op. cit, pág. 53). Y los científicos del grupo estudiado toman a los hallazgos inesperados como una fuente de nuevos experimentos y desarrollos teóricos, otorgándoles un alto valor heurístico
- El *razonamiento analógico* es un componente importante en la generación de hipótesis, en el diseño de experimentos, y en la interpretación de los datos; estas tareas -como todas las relativas a la construcción de nuevos cuerpos teóricos- tienen muy poco de algorítmico. Los científicos también emplean inducciones y deducciones, pero apelan a la analogía especialmente cuando la solución a un problema escapa los límites del tratamiento proposicional.
- La mayor parte de los razonamientos registrados en las reuniones de equipo merecen el calificativo de *razonamiento distribuido*, por cuanto participan del mismo al menos dos individuos. Las conclusiones a las que se arriba no siempre son coincidentes, aún en el caso de deducciones. El autor interpreta que las diferentes representaciones

internas que se construyen para un determinado problema, dan lugar a diferentes conjuntos de premisas; o bien, dado un cierto conjunto de premisas, cada científico las interpreta a la luz de las representaciones personales. No se trata, pues, de científicos “ilógicos”, sino de diferencias en el otorgamiento de significados a las palabras contenidas en las premisas.

En otros trabajos de este autor (ej. Dunbar, 1999) los resultados que acabamos de sintetizar han sido analizados como componentes clave de la creatividad científica. En el estudio de Dunbar (1999-a), los análisis de lo registrado en reuniones de trabajo en laboratorios científicos ponen en evidencia que en los momentos creativos el razonamiento es distribuido, y que la creatividad se despliega especialmente cuando se intenta explicar por qué los resultados de una tarea no son los esperados.

Hacia estas cuestiones se dirige la siguiente presentación.

### **3.b. La creatividad científica** (presentado por Crstina Leiro<sup>5</sup>)

Como han revelado diferentes investigaciones, en el imaginario social se sostiene que la creatividad está indisolublemente ligada a la ciencia y al arte, y más específicamente como una facultad propia y casi mágica de los científicos, vistos estos como personajes que a diario producen inventos y descubrimientos, lo que ha sido y es reforzado desde la ficción –no solamente la ciencia-ficción- y reiterado cotidianamente desde otros formatos no ficcionales a través de los medios de comunicación masiva. Pero dentro de la realidad concreta del campo científico la creatividad es, a pesar de esta creencia popular, un problema a resolver o un área problemática que ha generado muchos y diversos interrogantes: ¿qué da origen a la creatividad? ¿cuáles son sus patrones? ¿qué hace a algunos individuos creativos?, etc.

Estos interrogantes e intereses podemos decir que son recientes ya que a partir de la II Guerra Mundial y más enfática y

sistemáticamente desde hace 50 años a partir de la carrera espacial entablada entre la Unión Soviética y EE.UU., en este último se ha dedicado mucho esfuerzo y dinero en el intento de medir los procesos creativos, en base a la administración de tests de creatividad modelados simplemente en base a los tests de inteligencia. Se realizaban estudios psicométricos en la búsqueda de patrones y cómo se generan, para luego enseñarlos. Así, la creatividad aparece como misterio y como insumo necesario para el avance de la ciencia.

Paralelamente a este trabajo psicométrico se intentó determinar los rasgos psicológicos de los individuos creativos sobre las bases de sus producciones, dando lugar a diversas descripciones de la personalidad creativa.

Pero más allá de los interrogantes y sus respuestas desde las distintas corrientes de la psicología en la búsqueda paradójica de estándares de patrones y soluciones creativas, la creatividad es un ámbito que articula lo psicológico y lo antropológico para responder entre otros a un interrogante central que tomamos a préstamo de Kevin Dunbar: *¿Cómo los científicos piensan, razonan y generan nuevas teorías y modelos?*

El eje de este interrogante es la creatividad científica entendida como la dialéctica entre el descubrimiento y la invención, teniendo en cuenta que hacer ciencia involucra un vasto bagaje de teorías, técnicas y procedimientos que el científico no puede suplantar ni soslayar (las normas y prácticas científicas). Esto plantea una amplia restricción inexistente en otros ámbitos creativos, aunque Howard Gardner señala que siempre existen jueces en todos los campos que determinan lo que es creativo y lo que no lo es.

Lo que han mostrado muchas investigaciones es que en *la creatividad científica interviene el mismo proceso mental que guía todas las demás formas de creatividad* y la diferencia recaería en lo men-

cionado: una serie de normas y procedimientos científicos que los actores no pueden obviar.

Es reconocido (Dunbar, 1999) que los estudios sistemáticos actuales sobre la creatividad científica que intentan descubrir y mostrar estos procesos mentales se focalizan en los siguientes análisis:

- Históricos, relacionados con la autoría de los grandes descubrimientos
- *In vivo*, estudio etnográfico acerca de cómo razonan los científicos en sus laboratorios
- Cognitivos, sobre los cambios en las prácticas y representaciones científicas
- Razonamiento creativo en grupos de científicos.

A este respecto, destacamos lo que teoriza Gardner sobre la presencia de inteligencias múltiples, como lo que señala Simonton acerca de la “*chance-configuration*”: *la creatividad científica surge en ocasión de permutaciones en los elementos mentales dando por resultado una configuración que generará nuevas ideas científicas, hipótesis, explicaciones o experimentos.*

Ante la presencia de hallazgos inesperados, la primera respuesta son los *cambios en los procedimientos*, de allí la importancia del trabajo científico en grupo y la presencia de múltiples perspectivas provenientes de distintas formaciones que permiten una visión ampliada dando lugar a *discusiones grupales*, así como la mirada abierta del investigador que le permita *formular hipótesis alternativas*. En estos casos los científicos suelen recurrir al *razonamiento analógico*.

### **3.c. Las inferencias por abducción** (presentado por Julieta Soncini)

Para atender a los procesos por los cuales se llega a nuevas ideas y nuevos conocimientos se hace preciso ampliar el horizonte de estudio de las formas de inferencia, y en relación con ello hemos analizado el artículo de Wirth (1998) *What is abductive inference?* El autor

refiere a las ideas de Ch. Peirce (1839-1914, lógico y filósofo norteamericano) quien sostenía que el proceso mediante el cual generamos ideas e hipótesis para dar cuenta de aquellos hechos que nos sorprenden es “la abducción”. El razonamiento abductivo constituye, según Peirce, el primer paso de la investigación científica, así como de cualquier otro proceso de interpretación, y es la base de la construcción inventiva de teorías.

La forma lógica de la abducción es inversa a la del *modus ponens* ya que comprende un “razonar hacia atrás” desde el consecuente hacia el antecedente (por ello Peirce lo llamó pensamiento retroductivo). Tal forma lógica no garantiza la verdad de las conclusiones, siendo éste el motivo por el cual se habla de conclusiones hipotéticas, cuyo valor de verdad ha de ser determinado a posteriori.

Desde el pragmatismo se sostiene que la inferencia abductiva es fundamental en la producción de conocimiento. El hecho de aportar nuevas ideas otorga a las inferencias abductivas el carácter de generadoras de enunciados sintéticos. Y si bien desde un punto de vista lógico -tal como el propio pragmatismo señala- tales inferencias no son válidas, es de destacar la potencia heurística de la abducción en la generación de hipótesis y la relación de este proceso con los aspectos creativos del pensamiento.

## **A modo de cierre**

Entendemos que hay un par de notas que cabe formular respecto de los temas tratados:

- ◆ La discusión sobre la lógica de la cual se valen los científicos al razonar en su tarea cotidiana (esto es, el análisis sintáctico de su pensamiento) no es suficiente para comprender la generación del cambio conceptual. Se hace preciso agregar una reflexión sobre los componentes semánticos que intervienen en el desarrollo de los con-

ceptos científicos. A partir de ellos es posible configurar un cuadro teórico que mejore las interpretaciones más difundidas respecto de los modos de operar del pensamiento científico, especialmente los que atañen a la incorporación de novedades en los cuerpos de conocimiento.

- ◆ Desde el conjunto de trabajos analizados en este Seminario emerge la relevancia de las interacciones que se dan al interior de la comunidad de investigadores. La narrativa científica, las discusiones grupales, la creatividad, los experimentos mentales, se interpretan apelando al empleo de modelos y analogías que, expresados por cada científico, son socializados con sus colegas. Y es en definitiva el consenso comunitario el que determina la estabilización y difusión de los cambios conceptuales. El *carácter social de la construcción del conocimiento científico* queda, desde esta perspectiva, como uno de sus rasgos esenciales.

#### **Notas**

1. Docente de la Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA. E-mail: sislas@exa.unicen.edu.ar
2. Docente de la Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA. E-mail: cvc\_2282@yahoo.com
3. Docente de la Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA. E-mail: martin\_porta@hotmail.com
4. Docente de la Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA. E-mail: julietasoncini@hotmail.com
5. Docente de la Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA. E-mail: cristinaleiro@educ.ar

#### **Bibliografía**

- DUNBAR, K. (1999-a) *“How Scientists Build Models: InVivo Science as a Window on the Scientific Mind”*. In: Magnani-Nersessian-Thagard, **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- DUNBAR, K. (1999-b) **Scientific Creativity**. *Encyclopedia of Creativity*, Vol. 1. Academic Press MacGill University. Canada.

- DUNBAR, K. (2000) "How Scientists Think in the Real World: Implications for Science Education". **Journal of Applied Developmental Psychology**, 21(1) 49-58.
- GIERE, R. (2002) "Distributed Cognition in Epistemic Cultures". **Philosophy of Science**, 69: 632-644.
- GIERE, R. (2002) "Models as Parts of Distributed Cognitive Systems". In: Magnani-Nersessian (ed.) **Model-Based Reasoning: Science, Technology and Values**. Kluwer Academic Press, New York.
- GIERE, R. (2002) "Scientific cognition as distributed cognition". In: Carruthers-Stitch-Siegal, **Cognitive Bases of Science**. Cambridge University Press, Cambridge.
- LATOURET, B.; WOOLGAR, S. (1995) **La vida en el laboratorio: La construcción de los hechos científicos**. Alianza, Madrid.
- NERSESSIAN, N. (1992) "How do Scientists Think? Capturing the Dynamic of Conceptual Change in Science". In: Giere, R. (ed.) **Cognitive models of Science**. University of Minnesota Press. USA.
- NERSESSIAN, N. (1995) "Should Physicists Preach what They Practice?" **Science & Education**, 4: 203-226.
- NERSESSIAN, N. (1999) "Model-Based Reasoning in Conceptual Change". In: Magnani-Nersessian, Thagard, **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- SANCHEZ MORA, M. (2003) **La evolución como eje central en la enseñanza de la biología**. Subdirección de Educación no formal. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. (publicación en internet).
- THAGARD, P. (2003) "Conceptual change". In: L. Nadel (Ed.) **Encyclopedia of Cognitive Science**. Vol. 1: 666-670. Macmillan, London.
- THAGARD, P. (forthcoming) "Rationality and science". In A. Mele & P. Rawlings (Eds.) **Handbook of rationality**. Oxford University Press, Oxford.
- WIRTH, U. (1998) "What is abductive inference?" In: **Encyclopedia of Semiotics**, Ed. by Paul Bouissac, Oxford University Press, Oxford.