

Artículo a ser publicado en el Boletín del Congreso de la Nación, 2004.

LA EPISTEMOLOGIA, HERRAMIENTA PARA PENSAR LA CIENCIA

Dr. César Lorenzano

Director de la Maestría y Doctorado en Epistemología e Historia de la Ciencia

Universidad Nacional de Tres de Febrero

Introducción

En este escrito me voy a referir a un problema que considero crucial, y que consiste en hacer para que la ciencia sea una experiencia vital para los alumnos universitarios –y a través del sistema educativo, de la población en general- dado que sólo así, se podrá responder adecuadamente a los requerimientos de lo que se ha dado en llamar la *sociedad del conocimiento*.

Sabemos ahora que en las sociedades contemporáneas –y esto las diferencia de las anteriores- el conocimiento científico juega un papel central en todos los ámbitos de su funcionamiento, al punto que puede sostenerse que constituye la clave del desarrollo y el bienestar de los países.¹

Como observan reiteradamente los especialistas, desde hace años asistimos a una nueva revolución industrial y tecnológica, en la que la creación de las riquezas se basa menos en los recursos materiales que en el conocimiento.

En este sentido constatamos que ni las materias primas industriales, ni las alimenticias, ni la energía, ni la mano de obra son las mismas que las que se empleaban anteriormente. En cada uno de estos rubros, las tendencias indican una mayor especialización, y una menor dependencia de recursos primarios, con poco conocimiento agregado.

El conocimiento creciente, aplicado a nuevas técnicas de producción e información ha trastocado el viejo orden industrial. El nuevo sistema de crear riqueza depende por completo de la comunicación, de la distribución instantánea de datos e ideas.

Las empresas, las sociedades todas se están reestructurando -quieranlo o no- por la existencia de un nuevo sistema de crear bienes y recursos, en el que el insumo principal es el conocimiento. En íntima conexión con el sistema de producción, el saber sustituye a los materiales tradicionales, optimiza y reduce el transporte, las necesidades de almacenaje, de repuestos. Ahorra tiempo y mano de obra no calificada.

El fenómeno va acompañado de una transformación de los puestos de trabajo que pasan de ser exclusivamente manuales a puestos de trabajo *inteligentes*, en los que la calidad prima por sobre la cantidad, y de una necesidad de comprender este proceso que deriva de la aplicación casi directa de los productos de la ciencia y la tecnología en la producción y en la vida cotidiana.

Frente a las necesidades de educar para el conocimiento, se han planteado diversas estrategias, la principal de las cuales insiste en que el propósito del proceso de enseñanza y

¹Cleveland, Harlan. “The Knowledge Imperative: The revolution of know-what, know-how, know-why and know-who”. En: *The Aspen Quarterly*. vol. 3, 1, invierno 1991. pp. 8-45.

aprendizaje no es tanto el de poblar la memoria con datos provenientes de las distintas disciplinas, sino el de *enseñar a pensar*, entendiendo por esto el lograr que los alumnos incorporen las estructuras de pensamiento con las cuales comprender y explicar los sucesos naturales, sociales o incluso laborales con los que se enfrentan.

Sin embargo, la expresión -“*enseñar a pensar*”-, es compartida por diversas corrientes de pensamiento, sin que se advierta las diferencias que existen entre ellas, centrales a la hora de concretar estrategias educativas, y que involucran desde el tipo de estructuras epistémicas que implica el “pensar”, hasta el proceso educativo mediante el cual se las adquiere.

Nos vamos a referir a algunas de estas corrientes, tanto en lo que hace a su razonabilidad así como los límites históricos que marcan su inadecuación, para mostrar en el transcurso que ninguna de ellas consigue el objetivo de enseñar a pensar.

La primera de ellas sostiene que se logra como un subproducto espontáneo de la enseñanza tradicional, que pone su acento en la transmisión de contenidos cognitivos, y que se afirma en un proceso en el que los factores principales son la enseñanza intensiva en grupos preferentemente pequeños con gran compromiso del educador, seguimiento del proceso por parte de la familia, etc.

Como argumentaremos más adelante, es una forma de enseñanza que se encuentra perimida, y no sólo por causas externas al sistema educativo, sea sociales o económicas, que, como sabemos afectan a profesores y alumnos. Son las características mismas del conocimiento actual que hacen que no sea una solución generalizable, más allá de elites de privilegio. Pero ni aún ellas pueden escapar a la necesidad de adquirir conscientemente esas estructuras epistémicas que implican saber pensar.

Otra corriente, emparentada con la anterior, es aquella que sostienen que las estructuras de pensamiento provienen de la enseñanza de las matemáticas, y por lo tanto, se adquieren en el proceso de aprendizaje de esta disciplina formal, así como de la lógica. El problema central de esta posición es fundamentar si efectivamente estas disciplinas enseñan a pensar la ciencia.

Finalmente, nos referiremos a la corriente que propone que esas estructuras de pensamiento coinciden con las que estudia Jean Piaget, cuando precisa las etapas que sigue el desarrollo cognoscitivo de los seres humanos desde su nacimiento hasta finalizar la adolescencia.

Desde esta perspectiva, en ocasiones se tiende a pensar que su adquisición resulta de la simple maduración de los alumnos, mediada por determinadas actividades que propone el educador. Una consecuencia suya es que la enseñanza de los contenidos científicos de las distintas asignaturas pasan a segundo término, pospuestos por las actividades que ayudan a madurar.

Argumentaremos que esto es un error, y que las estructuras piagetianas no son aquellas que caracterizan el saber pensar.

En contraposición a estas corrientes, vamos a sostener que enseñar a pensar consiste en enseñar las estructuras de pensamiento que encuentra la epistemología en las distintas disciplinas científicas, y que son inseparables de sus contenidos específicos.²

Estas estructuras de pensamiento se encuentran presentes en el conocimiento científico y en su historia, pero en estado tácito, inadvertido, hasta que la devela la elucidación conceptual que realiza la epistemología, de la misma manera que el lenguaje

² En el presente artículo se toma a como sinónimos a *epistemología* y de *filosofía de la ciencia*.

posee una estructura gramatical y semántica que es descubierta sólo mediante los estudios específicos.

Analizaremos a continuación las distintas propuestas que se han mencionado, para terminar nuestra exposición con la propuesta que sostenemos: enseñar a pensar significa enseñar, junto a los contenidos específicos, esas estructuras epistémicas que son producto de los análisis de la epistemología.

La solución tradicional

Es probable que la propuesta se origine en la vivencia de investigadores y educadores de que en su paso por la universidad adquirieron la habilidad de manejarse correctamente en situaciones nuevas, a reconocer y solucionar su núcleo problemático, y que perciben que esto ya no sucede con los alumnos de ahora.

No resulta extraño, entonces, que se alcen voces reclamando la vuelta a criterios anteriores de enseñanza, que podrían resumirse en unas pocas ideas, de probada eficacia desde que los maestros de la Alta Edad Media y el Renacimiento formaran a sus discípulos en sus talleres: prácticas intensas en un contacto directo, prolongado, enriquecedor de los profesores con quienes aprenden.

En estas condiciones, sería innecesario un espacio específico para enseñar a pensar. El aprendizaje -cuidadoso, personalizado, intenso- de cualquier disciplina conduciría a que los alumnos aprendieran a pensar, *en estado práctico*, sin necesidad de hacer conscientes ni los mecanismos por los cuales se pensaba, ni su estructura.

Es difícil no concordar en que esto es así.

No sólo el conocimiento científico se enseñaba de esta manera. Lo mismo sucedía en otras disciplinas, como el arte o la literatura.

Sin embargo, desde hace algunos decenios, la solución tradicional pareciera no ser viable, erosionada por al menos dos factores que han cambiado el escenario de una manera tan radical que harían imposible su implementación.

Me refiero a los fenómenos -que suponemos irreversibles- conocidos como *explosión del conocimiento*³ y *explosión de la matrícula*. La primera alude al hecho de que los conocimientos existentes se duplican cada tres años, -agregamos, como consecuencia natural de que en nuestros días existe la mayor comunidad científica de la historia-⁴, mientras que la segunda se refiere al aumento de alumnos universitarios, como respuesta a las demandas de democratización de la enseñanza, y a las necesidades educativas del modo de producción actual.

³En el mes de julio de 1994 tuvo lugar en Bs. As. un Seminario Internacional organizado por la International Association of University Presidents que tuvo por título precisamente: "La Universidad y la Explosión del Conocimiento". Estuvo destinado a analizar este fenómeno, por sus consecuencias para la planificación académica universitaria.

⁴Se puede decir que en nuestros días el número de científicos supera a los que existieron desde los griegos hasta hace pocos años, y que su comunidad nunca ha sido tan diversificada, compleja e interrelacionada como hoy. Insistiré en que existe una relación directa entre el número de científicos, y los avances del conocimiento, y que la ciencia no es posible en ausencia de una comunidad fuerte y numerosa de investigadores, puesto que el conocimiento es un producto de su actividad, más allá de algún científico brillante. Una de las tareas de la universidad, precisamente, es contribuir a formar esta comunidad, y la consiguiente una "masa crítica" tal que a partir de la ella sea posible gestar un desarrollo científico.

Se acepta, como corolario de la primera, que el conocimiento que se imparte hoy será rápidamente superado, y de la segunda, que las formas de enseñanza y formación de recursos docentes ha cambiado de raíz.

Sabemos que la pedagogía tradicional, eficaz dentro de sus límites, requería precisamente de circunstancias que el paso del tiempo, y el desarrollo del conocimiento y de la sociedad habían trastocado, entre ellas, las relaciones personales de larga duración en el proceso educativo, un corto número de alumnos, y tradiciones de conocimiento que cambiaran poco durante la vida de los miembros de las comunidades culturales.

Esto ya no puede ser sí. No sólo porque el número de alumnos es elevado, y lo que se debe aprender aumenta en cantidad, sino porque al mismo tiempo caduca su vigencia.

Resulta claro que mientras una teoría científica - o un estilo pictórico, o una forma literaria en el caso de las artes- dominaban el horizonte de su especialidad durante decenios, quizás cientos de años, bastaba el aprendizaje práctico y no reflexivo, basado en la repetición y la variación mínima de las fórmulas magistrales, para adquirir una destreza que en varias generaciones no iba a encontrar límites a su desarrollo. Aunque existieran breves - y otrora escasos- períodos revolucionarios que los interrumpían.⁵

Luego de haber asistido a la desaparición de ramas de producción enteras junto con las especialidades profesionales que requerían, se acepta que quienes pueblan hoy las aulas -y de muchos que las abandonaron- tendrán que adquirir conocimientos nuevos, reentrenarse y recapitarse. Lejos de los días en que el bagaje de conocimientos que se adquiría durante la escolaridad duraba toda la vida, la obsolescencia de los saberes que hoy se poseen dejan en pie únicamente la habilidad de pensar, de variar los puntos de vista, de asimilar propuestas incluso antagónicas con las que se poseían. Quizás -finalmente- los contenidos no tuvieran tanta importancia.

Por este motivo, la propuesta de “enseñar a pensar” se separa de las estrategias pedagógicas tradicionales, y se identifica con una didáctica específicamente diseñada para lograrlo, no porque se crea que anteriormente no se aprendía a pensar, sino porque se sostiene que no coinciden con la mejor manera de hacerlo en el contexto actual.⁶

Contrariamente a muchas de las tendencias actuales, sostenemos que esas estructuras de conocimiento no pueden prescindir de contenidos específicos, del conocimiento propio de cada disciplina, y de su elucidación por la filosofía de la ciencia.

⁵La noción de ciencia normal, como la actividad principal de la ciencia, en la que durante a veces centenares de años se desarrollan los mismos marcos conceptuales -paradigmas en su terminología-, es cortada por breves períodos revolucionarios en los que cambia el paradigma, ha sido expuesta por Thomas Kuhn en: Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. F.C.E. México. 1971.

⁶Algunos representantes de las tendencias tradicionales tendieron a pensar que el problema era el número de alumnos y que en grupos reducidos, todavía era posible mantenerlas.

Al no haber apreciado correctamente los cambios en calidad que introducía el aumento de los conocimientos, no incorporaron estas formas reflexivas en la enseñanza, ni acortaron los programas y los diseños curriculares adecuándolos a las nuevas circunstancias. Originaron, sin sopesar sus inconvenientes, experiencias docentes en las que el peso de la responsabilidad se arroja sobre los alumnos, obligados a asimilar lo imposible, en una maratón de estudios que imposibilita el tiempo libre y el desarrollo de otras facetas imprescindibles si se quiere que el estudiante se forme como ser humano. Carreras desmesuradas como medicina, ingeniería, etc. todavía intentan solucionar la explosión de los conocimientos en sus áreas aumentando los contenidos de las materias, y en algunos casos aislando alumnos de buenas notas para obligarlos a cumplir programas desmesurados, sin adecuación de los diseños curriculares a los nuevos tiempos.

La enseñanza de ciencias formales

Nos referiremos en este apartado a la corriente que sostiene que se aprende a pensar cuando se estudia a las ciencias formales, la lógica y las matemáticas.

Con respecto a la lógica, diremos simplemente que esta disciplina no se encuentra en la base del conocimiento científico, como lo mostró la evolución de la epistemología moderna, desde su nacimiento en el Círculo de Viena hasta nuestros días. Durante más de cincuenta años fracasaron todos los intentos de formalizar teorías científicas en el lenguaje de la lógica, al punto que todos los ejemplos de análisis epistemológicos que se utilizaron fueron de enunciados demasiado simples, y no eran un correlato fiel de la ciencia, a la que pretendían explicar. El empirismo lógico, esa importante corriente originada en Viena en los años 20 del siglo pasado, si bien abrió el camino para comprender a la ciencia, no logra sus objetivos primeros: elucidar la estructura lógica de las teorías científicas.

Con respecto a las matemáticas, hay quienes sostienen que son una herramienta indispensable para aprender a pensar, sea cualquiera el contexto en el que se emplee esta expresión.

Pero para aceptarlo, sería necesario sostener que el conocimiento en general puede ser reducido a las estructuras vacías de las matemáticas. Además del hecho de que quedan por fuera de las matemáticas enormes porciones del conocimiento científico que no la utilizan –antropología, historia, sociología, psicología, medicina, bioquímica, fisiología, etcétera- así como el conocimiento común, se abre una discusión no totalmente resuelta acerca de si la física es matemática aplicada, o simplemente conocimiento físico que utilizar herramientas matemáticas. En este último caso, ni siquiera en la física las matemáticas serían centrales.

Pese a la enorme importancia de las matemáticas, el conocimiento fáctico, el conocimiento de los hechos, en suma el conocimiento científico no puede consistir en estructuras matemáticas vacías, y por lo tanto, su comprensión no puede prescindir de sus contenidos no matemáticos, aprendidos mediante textos, pero también mediante la experiencia que se adquiere manipulando los materiales mismos en la reproducción de experimentos, y en la manipulación de ejemplos de lápiz y papel. Y añadimos, incorporando en el proceso de enseñanza las estructuras epistémicas que encuentra en el mismo la epistemología.

Como conclusión, diremos que el saber matemático se limita a su propia esfera. Conociendo matemáticas, se aprende a pensar las matemáticas, pero no las ciencias de los hechos. Es en el seno de estas disciplinas donde se aprende a aplicar las estructuras matemáticas para la resolución de hechos, pero no a la inversa.

Las disposiciones epistémicas generales de Jean Piaget

Luego de haber desechado -por su inadecuación a la enseñanza en el contexto de la explosión del conocimiento- a las prácticas pedagógicas tradicionales; de haber rechazado que la clave del pensamiento científico sea la lógica y las matemáticas, y de haber propuesto entonces que una parte importante del proceso de enseñanza-aprendizaje consiste en la incorporación a la subjetividad del estudiante de formas reflexivas estudiadas por la epistemología, argumentaré que éstas no pueden reducirse a disposiciones epistémicas generales, como las que estudia Jean Piaget.

Con *disposiciones epistémicas generales* me refiero a esas estructuras que terminan de formarse al final de la adolescencia, y que según Piaget, son la condición de posibilidad

de la ciencia. Cuestionaré tanto que sean las estructuras centrales del conocimiento científico -y por lo tanto objeto de enseñanza específica si se pretende conocer en qué consiste la ciencia-, como que puedan construirse espontáneamente por simple maduración durante el crecimiento.

De más está decir que Piaget, si bien estudió en profundidad su formación en un sujeto epistémico que por edad coincide con el sujeto central de la enseñanza -el niño y el adolescente-, y sus aportes tienen profundas consecuencias pedagógicas, no es responsable de todo lo que se diga en este terreno, que no constituyó el eje de sus investigaciones.

Argumentaremos que estas posiciones no se siguen necesariamente de los escritos de Piaget -aunque constituyen lecturas posibles-, y que reducir el pensamiento al juego de estructuras vacías es un empobrecimiento que no condice con lo que la ciencia y su reflexión más actual nos muestran. En el curso de la argumentación, iremos construyendo nuestra propia posición, para la cual si bien aceptamos la existencia de estructuras generales -diferentes a las que propone Jean Piaget-, diremos que lo propio de la ciencia es su particularización en estructuras epistémicas específicas de cada teoría y cada disciplina, y que éstas son las que se interiorizan cuando se piensa como científico.

Es probable que el origen de las dificultades se encuentre en el propio Piaget, debido a lo que estimo es un descuido de los factores que hicieron de la posición kantiana un hito en la historia de la epistemología, pero no una teoría epistemológica actual.

Brevemente, Piaget estudia -en un sujeto epistémico cualquiera- el desarrollo desde el nacimiento de unas categorías cognoscitivas que coinciden aproximadamente con las kantianas -tiempo, espacio, objeto, estructuras lógicas y matemáticas-, y que concluye cuando el adolescente se encuentra en posesión de la lógica proposicional y de una forma de razonamiento a la que denomina pensamiento hipotético-deductivo. Construye para estos fines una teoría psicológica de una enorme originalidad sólidamente asentada en los hechos.

En este sentido, entronca con una prestigiosa corriente epistemológica que comienza a fines del siglo pasado, que toma a la filosofía -sobre todo a la teoría del conocimiento de Kant- como un programa de investigación experimental, transformándola de especulativa en científica.⁷ En ese momento, se piensa que la disciplina que debía fundamentar a la teoría del conocimiento era la fisiología. Piaget, que comparte la percepción de que Kant había enunciado principios fundamentales del conocimiento, inicia su propio programa de investigación desde la psicología, estimulado porque los principios *a priori*, que supuestamente caracterizarían al ser humano pensante como tal, no se encuentran presentes en el niño, quien los construye en su pasaje a la edad adulta. Al estudio de esa construcción dedica su vida.

Como es evidente, su crítica central a Kant, aquella que fundamenta sus investigaciones es de índole empírica: la inexistencia de los *a priori* en el niño.⁸

Resulta por demás llamativo que no apelara a otras dificultades del programa kantiano, y que al no ser reconocidas como tales por Piaget, comprometen sus propias concepciones. Me refiero a lo siguiente. Kant podía decir que tal o cual elemento era

⁷Las figuras centrales de esta posición son E. Mach y H. Hemholtz, que creían que una teoría del conocimiento debía tener correlato fisiológico.

⁸Piaget coincide con una interpretación de lo *a priori* como algo que pertenece al sujeto, y que se confunde con sus disposiciones biológicas. En nuestra exposición emplearemos otras interpretaciones posibles, entre ellas la que lo entiende como aquellos elementos sin los cuales es imposible construir el conocimiento.

epistemológicamente indispensable para construir el conocimiento porque daba por supuesto que había un tipo de conocimiento científico verdadero e inmodificable: la física y las matemáticas de su tiempo. Era natural -entonces- que luego de explorarlas encontrara ciertas condiciones de posibilidad, y que pensara que eran asimismo inmutables.

Kant es cuestionado por la historia de la ciencia, mas que por cierta inadecuación empírica entre sus postulados y los hallazgos en el niño, como los que muestran que éste no posee esas estructuras *a priori*. A principios de siglo, la teoría de la relatividad y las geometrías no euclídeas nos hicieron saber que no existen ciencias verdaderas para siempre, y que el avance científico se da mediante la aparición de teorías nuevas que desplazan a las antiguas. Pero si es posible más de una física legítima a lo largo de la historia de la ciencia, más de una matemáticas históricamente posible, entonces las condiciones de posibilidad son cambiantes. Las categorías epistémicas eternas de Kant eran sencillamente la ilusión de quien no podía ser sino contemporáneo de una época que pensaba que el conocimiento científico era perenne, y que el triunfo de la mecánica clásica lo era para siempre.

El éxito de Piaget al estudiar experimentalmente las etapas por las que el niño llega a la lógica proposicional y al pensamiento hipotético deductivo -además de las nociones básicas de objeto, tiempo y espacio-, hizo pensar que éstas eran las estructuras de pensamiento por las cuales el adulto construye a las teorías científicas, aquellas que posee cuando “sabe pensar”, a las que accedería por efecto simple de su maduración -en algunas versiones-, o por un proceso educativo activo -en otras-.

Coincidimos con Piaget en la existencia de estas estructuras, y en que ellas son la condición de posibilidad -en cuanto potencialidad- de la construcción de la ciencia.⁹

Sin embargo, la historia de la ciencia nos indica que las teorías científicas no son permanentes, que se suceden unas a las otras, mediante cambios o revoluciones conceptuales.

¿No es acaso una contradicción que concordemos en que hay unas estructuras epistémicas más o menos estables, y sin embargo pensemos que no hay teorías científicas verdaderas y eternas? ¿No se ha recaído en una solución kantiana -ahora con condiciones de posibilidad construidas y no *a priori*- y simultáneamente en su contradicción, al aceptar que son necesarias para todo conocimiento, y asumir al mismo tiempo la historicidad inevitable de la ciencia? Si las categorías que estudia Piaget fueran la condición de posibilidad del conocimiento científico -y son inmutables-, éste debiera ser asimismo inmutable, eterno como se pensó de la mecánica de Newton hasta principios del siglo XX.

A solución del enigma implica ir más allá de Piaget, y pensar que si bien es cierto que sobre ellas se construye el conocimiento común y el científico, para que suceda debe existir además un *conocimiento anterior*, que sea condición de posibilidad ineludible del conocimiento siguiente -tanto para continuarlo como sucede en la ciencia normal, o para cambiarlo de raíz, como ocurre en la ciencia revolucionaria-. De acuerdo a esta concepción, posibilitan a la ciencia las estructuras epistémicas piagetianas, y *además* la ciencia anterior, la sucesión histórica de las teorías científicas.

⁹Las condiciones de posibilidad que estudia Piaget las poseen todos los que pertenecen a culturas con una cierta complejidad social en las que los estímulos las hagan madurar. Esto se habría conseguido en la revolución neolítica, con la domesticación de animales y especies vegetales, la alfarería y los textiles, la vida en ciudades, y la constitución de formas estatales.

La ciencia nueva, la no pensada, la del presente y la del futuro se edifica con los elementos que proveen las estructuras que estudia Piaget, y -además- con el conocimiento acumulado hasta el momento, que constituye su base histórica y social, producto de los sueños, las realizaciones, las intuiciones, las investigaciones, los experimentos, las teorizaciones, de generaciones sucesivas de científicos. Las teorías científicas son construcciones de adultos en el seno de una comunidad científica, que una epistemología individual del niño y del adolescente no puede explicar por sus solos medios.

Estas teorías y su historia poseen sus propias y peculiares estructuras conceptuales, aquellas que debe aprender -conscientemente- el estudiante, y que difieren de las estructuras epistémicas con las que el niño y el adolescente inician su aprendizaje.

Piaget, quien plantea una ruptura radical en la construcción de la ciencia después del Renacimiento, tiende a mostrar para la ciencia anterior podrían bastar las estructuras y saberes del niño para construirla. E incluso podríamos indicar elementos en su obra -que darían pie a las interpretaciones que criticamos- en los que sostendría que sucede lo mismo con la ciencia posterior a Galileo.¹⁰

Encontramos pistas de esta respuesta en varios sitios: cuando investiga la psicogénesis en el niño de conceptos que forman parte de teorías científicas maduras; cuando atribuye al niño de seis años una teoría atómica primitiva -el atomismo del polvo, lo llama-; o cuando afirma que el niño de tres años emplea la lógica de Aristóteles.

El sólo hecho de que Piaget busque en sucesivas investigaciones el desarrollo en el niño de nociones pertenecientes a teorías científicas maduras -o creyera dar con ellas en medio de una investigación con otros propósitos- es índice de que pensaba en una solución de esta índole.

Es como si Piaget no sólo nos indicara que el sujeto epistémico construye las condiciones formales de conocimiento, sino también unas nociones elementales, un conocimiento empírico básico, a la manera de los juicios sintéticos a priori de Kant, para cuya investigación la psicología genética hace una jugada similar a la kantiana: se pregunta cuales nociones son imprescindibles para construir una teoría dada -en un símil de argumento trascendental-, y a continuación, indaga su existencia y su formación en el niño.

Piaget, al igual que Kant, sabe que la ciencia no se puede construir con sólo elementos formales, vacíos: es necesario un cierto contenido empírico. Una vez más, su respuesta sería que no es a priori, sino construido ... por el niño.

Si esto fuera así, todo el desarrollo del conocimiento, toda la historia de la ciencia, no sería más que el desarrollo de nociones que el niño construye desde el nacimiento a la adolescencia, y que están allí, a la espera de condiciones favorables para surgir. En su versión extrema, la historia humana -en lo que hace al conocimiento científico- sería un epifenómeno del desarrollo epistémico del niño, en una dialéctica de corte hegeliano en la cual del en-sí en que se encuentra en la etapa de crecimiento, pasa al para-sí de la ciencia adulta.¹¹

¹⁰Siguiendo a Thomas Kuhn -y contrariamente en lo que expone en ocasiones Piaget-, no advertimos ninguna diferencia en la metodología ni en la estructura de sus teorizaciones entre los científicos de la antigüedad y los actuales. El punto de vista de Piaget está expuesto en: Piaget, J.; García, R. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México. Siglo XXI.

¹¹Es probable que esta interpretación coincida con la del propio Piaget -al menos en la ciencia previa a Galileo-. En nuestra posición, existe un desarrollo por el cual se construye a partir de conocimientos no determinados por las potencialidades del niño, hacia otro conocimiento que tampoco se encuentra predeterminado.

En este contexto, la ciencia maduraría sola, ayudada por circunstancias sociales, como el resto de las estructuras que estudia Piaget.

Esta visión posible y coherente de la historia que plantearía Piaget para la ciencia anterior al Renacimiento, es desautorizada incluso para este período por los más serios historiadores de la ciencia, como Pierre Duhem, Alexander Koyré o Thomas Kuhn, quienes advierten que es imposible ninguna separación ni lógica, ni metodológica, ni estructural entre la ciencia actual y la de la antigüedad –contra lo que supone Piaget en algunos de sus escritos-.

En alguna lectura de un texto de Piaget, se lo haría ir más allá de este punto en el proceso de fusionar la historia de la ciencia con el desarrollo del niño. Se trata de ese escrito en el que pone en contacto a los pequeños sujetos con diseños experimentales que plantean problemas de la mecánica clásica. Así, por ejemplo, frente a un plano inclinado deben predecir la distancia que recorren unas bolas que han rodado por él, para lo cual es necesario que esbochen la ley de la caída de los cuerpos.¹²

Los experimentos pueden interpretarse como si los niños fueran pequeños científicos que en condiciones favorables pudieran reencontrar lo que en su momento descubrieran Galileo o Newton.

Quizás toman asidero de allí las puestas en escena de algunos museos de ciencia -y de algunas experiencias pedagógicas de aula- en las que se deja jugar libremente a los niños con ciertos aparatos, a la espera de que desarrollen las facetas científicas de su pensamiento ... y las leyes que descubrieron los científicos mayores. La tarea del educador consistiría en ayudarlos en esta construcción ... sin demasiadas interferencias.

Por supuesto que esto es erróneo. La ciencia no puede surgir espontáneamente en un adolescente -o un niño- frente a un diseño experimental. Para descifrarlo, es necesario un aparato conceptual y empírico complejo, al que se llega luego de un desarrollo histórico, en la que sucesivas comunidades de investigadores sopesaron los errores y aciertos de las teorías, desplazándolas cuando pierden eficacia, y desarrollándolas mediante un proceso que corrige y completa las intuiciones individuales.

El equívoco se disipa si analizamos -aunque Piaget no lo explicita- que en las experiencias que realiza existe mucho más que un niño y un aparato, entre ellas las consignas que introducen el problema que debe solucionar, el diseño experimental que incluye las variables relevantes de las leyes de Galileo, y las indicaciones en las que se corrigen las respuestas tentativas, hasta llegar finalmente a la que es la correcta. Mucho, si no la mayor parte de lo que resulta de una investigación científica original –en este caso la de Galileo- se encuentra ya dado en el diseño experimental que se le presenta a los niños. Su tarea consiste en resolver problemas cuya solución está implícita en las premisas, si es que posee las herramientas de pensamiento necesarias.

En este contexto, Piaget llama pensamiento hipotético-deductivo a un proceder en que se formulan diversas hipótesis mediante una combinatoria lógica de las variables intervinientes que se evalúan de manera experimental, hasta ver cual de ellas es la correcta. Sin embargo, aquí debe existir un error, puesto que como sabemos, en una deducción no hay incremento del conocimiento con respecto a las premisas, y el pensamiento hipotético deductivo, ese que caracteriza –parcialmente, como veremos- a la ciencia, lo que hace es precisamente aumentar el conocimiento que se posee.

¹² Inhelder, B.; Piaget, J. *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Paidós. Bs. As. 1972.

Como una consecuencia de esto, resulta claro que lo que hace el diseño experimental que Piaget propone a los niños, es poner a prueba su capacidad de raciocinio, no su descubrimiento de las leyes de Galileo, que ya estaban dadas de antemano.

Es necesario aclarar que lo que llama *hipotético-deductivismo* no coincide con la versión estándar de la epistemología, para la cual la hipótesis no se encuentra incluida en los términos con los que se plantea el problema -como sucede en la de Piaget-, sino que surge de un proceso *creativo*. Agreguemos que la cuestión se encuentra lo suficientemente analizada como para que rechacemos la versión de Piaget del método hipotético-deductivo para la ciencia madura.¹³

Ni el adolescente es un Galileo en potencia, ni éste posee únicamente las potencialidades de un adolescente. Sus hallazgos son impensables sin el contexto histórico del Renacimiento y sobre todo, sin la historia que llevó el conocimiento hasta el punto en que él lo retoma; son impensables sin teorías anteriores con las cuales disentir, así como los hallazgos del niño son imposibles sin un educador que lo guíe con inteligencia, tacto, y mucha información.

Por estos motivos, pese a la formidable labor de Piaget, creemos que su análisis de los elementos que caracterizan al pensamiento científico debe continuarse naturalmente con los estudios epistemológicos propiamente dichos, que son su complemento a otro nivel, y no sus adversarios.

Sus aportes a una *teoría del conocimiento común* son inestimables, y su intuición acerca de la formación del psiquismo por acciones interiorizadas conservan toda su validez. Nos separamos de él en la consideración del *conocimiento científico*, para el cual tomamos en cuenta esa tradición de reflexión acerca de la ciencia de más de cerca de años de evolución, desarrollada por una amplia comunidad de investigadores que es la epistemología.

Mientras que para Piaget es central el estudio -evolutivo- de las estructuras cognoscitivas que son condición de posibilidad del todo conocimiento, nosotros añadimos a esto, quizás como objetivo primordial, el estudio de lo que se *construye con esas condiciones de posibilidad*, las estructuras propias de las teorías científicas que estudia la epistemología, específicamente aquella rama que toma impulso en consideraciones metodológicas generales, para pasar a ser una filosofía -e historia- especial de la ciencia, que analiza teorías y disciplinas específicas.¹⁴

Epistemología para aprender a pensar

En este apartado me dedicaré a fundamentar porqué la epistemología es la herramienta para enseñar a pensar; otra manera de decirlo, es que las estructuras que

¹³Véase: Lorenzano, César. "Hipotético-deductivismo". En: *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía. Vol. V. Epistemología*. Trotta. Madrid. 1994.

Piaget pensaría al hipotético-deductivismo como un sistema para generar hipótesis, y no como un mecanismo para poner a prueba las hipótesis formuladas en un proceso creativo.

¹⁴Si bien en este momento consideramos exclusivamente al conocimiento científico, pensamos que es igualmente válido para el conocimiento común, e incluso -siguiendo la terminología de las etapas evolutivas del conocimiento, según Piaget- para el pensamiento sensorio-motriz, y el pensamiento simbólico. También en ellas consideramos fundamental el estudio de las teorías prácticas o simbólicas que elabora el sujeto epistémico, y no sólo el de las estructuras que las posibilitan -punto en el que se detiene Piaget-.

encuentra en la ciencia, luego de los análisis que realiza, coinciden con las estructuras de pensamiento que se encuentran en la base de pensar como científico, o como profesional que utiliza a la ciencia.

Primeramente, quisiera hacer notar que la epistemología es la herramienta principal para enriquecer a la ciencia, dotándola de formas autoreflexivas de las que carece, y que pensamos le son indispensables. Es asimismo parte de un fenómeno cultural más amplio, y que no se limita a ésta. En otros campos se da un fenómeno similar: se analiza la actividad correspondiente, y se incorpora ese análisis a la enseñanza de la disciplina.

Es notable sobre todo en artes plásticas o en literatura.

Probablemente tengamos de ellas la imagen tradicional del aprendizaje eminentemente práctico, por ensayos y mostraciones directas en talleres de maestros, vigente desde la Edad Media, y que se diera asimismo en ciencia.

Si se piensa que dicho aprendizaje es el único posible, la imagen nos conduce a una apreciación falsa. Un indicador elocuente de dicha falsedad sería el que en las instituciones especializadas en la enseñanza del arte, el número de asignaturas teóricas superan en ocasiones a las prácticas, siendo uno de sus objetivos el que los alumnos sean capaces de analizar y justificar la obra plástica o literaria.

Más todavía. El arte visual o escrito en nuestros días incorpora, en sus contenidos y en sus formas, reflexiones acerca de su historia, sus finalidades y sus propósitos formales. Hay pintura notable que es una profunda reflexión sobre la pintura, y páginas de prosa - novela, poesía, cuentos - que son una reflexión sobre la palabra escrita y el mismo género que abordan.

La ciencia no podía permanecer ajena a esta tendencia general del campo cultural, y -a mi entender-, por motivos similares a los que la impulsan en otros sectores, que tienen que ver con lo que conocemos contemporáneamente como aceleración de los tiempos históricos.

Resulta claro que mientras un estilo plástico, una forma literaria o una teoría científica dominaban el horizonte de su especialidad durante decenios, quizás cientos de años, bastaba el aprendizaje práctico, y no reflexivo, asimilado en la repetición y la variación mínima de las recetas magistrales, para adquirir una destreza que no iba a encontrar en generaciones ni oposición firme ni límites - por agotamiento- a su expansión.

Sabemos que casi todos los segmentos del campo cultural conocieron desarrollos prolongados similares a los de los períodos de ciencia normal que nos enseñara a ver Thomas Kuhn, cortados por breves lapsos revolucionarios.

En nuestros días es más frecuente tanto la coexistencia simultánea de corrientes contrapuestas como la presencia constante de rupturas, al punto de ocultar en ocasiones a practicantes y teóricos la persistencia de las grandes continuidades en las distintas disciplinas. Quizás como fruto de un mayor número de corrientes que teorizan acerca de muchos más campos problemáticos que antaño con la consiguiente multiplicación de las oportunidades de ruptura, o de pensar que el cambio tecnológico equivale al cambio teórico.

Se ha percibido -erróneamente- y se ha predicado -también erróneamente- que el único cambio posible y valioso es el revolucionario, siempre. En epistemología recordemos simplemente al hipotético deductivismo cerrado, el que insta a refutar permanentemente a las teorías establecidas, y no a trabajar, ampliando, esos grandes marcos conceptuales.

Se tiende a olvidar que sólo la persistencia permite el perfeccionamiento por parte de una comunidad de trabajadores de la cultura que se extiende en el tiempo, de esas grandes tendencias que se dan en cada disciplina, y que el cambio permanente se diferencia muy poco

del caos. Como nos lo muestra la moderna teoría informática, el exceso de información conduce al ruido.

La reflexión sobre los productos culturales, incorporada a la formación profesional, refleja esta necesidad de entender la disciplina en medios de los cambios, sean graduales o revolucionarios.

Dicho de otra forma, los cambios hacen zozobrar las seguridades que tenían nuestros antepasados, y ponen sobre el tapete la necesidad de pensar, re-pensar, re-flexionar, acerca del arte, la literatura, la ciencia.

Kuhn manifiesta algo parecido cuando dice que los científicos se despreocupan de cuestiones epistemológicas mientras su paradigma está firme, y que solo miran hacia la filosofía y las disciplinas humanísticas en busca de respuestas cuando éste entra en crisis.

La incorporación de la epistemología a la currícula universitaria es la respuesta consciente, buscada, a esta situación, ya que presumiblemente en el curso de su vida profesional, sea como investigador o como simple practicante de una disciplina, cualquier egresado conocerá una o varias revoluciones científicas que lo obligarán a replantear su carrera.

Le reconocemos, entonces, un carácter formativo, en el sentido tantas veces buscado, de enseñar a pensar. No de la manera como se piensa en la vida cotidiana, en el arte o en las disciplinas prácticas, sino a pensar como lo hace la ciencia, tal como lo explicita una tradición de investigación, de reflexión acerca de la ciencia que se desarrolla en los últimos cien años de historia: la epistemología.

Podría decirse que cualquier disciplina enseña a pensar. Como habíamos mencionado, en cierto sentido es así. Kuhn nos muestra que el aprendizaje de las teorías científicas se hace mediante la resolución de pequeños ejercicios, mediante los cuales se interiorizan los parecidos que guardan entre sí las parcelas de la realidad a los se aplicará la generalización simbólica, y las modificaciones que debe sufrir para que sea adecuada a cada modelo. Se le enseña de esta manera al científico cómo desarrollar su teoría, sin apelar a ninguna conceptualización acerca del procedimiento que emplea. Se le enseña a pensar, en algún sentido de la palabra, puesto que aprende a usar el paradigma en situaciones nuevas. Esta es una nueva vuelta de tuerca de lo que habíamos visto anteriormente como *enseñanza tradicional*.

Al ejercitar con seriedad una disciplina cualquiera, matemática, lógica, o alguna ciencia natural o social particular, se interiorizan en la manipulación teórico-práctica que implica, las estructuras y mecanismos que las caracterizan y su empleo en zonas a investigar.

Todas enseñan a pensar, en estado práctico, dentro de la disciplina en cuestión.

Pero no hacen conscientes ni mecanismos ni estructura del pensamiento, que puedan ser aplicados más allá de esa disciplina. Y por lo tanto, no pueden ser trasladados a otras circunstancias, a otros saberes cuando el curso de los acontecimientos lo hagan indispensable, mas que de manera imperfecta, avanzando a tientas.

Estos mecanismos son explicitados, hechos conscientes por la epistemología, que los toma específicamente como objeto de estudio, y por lo tanto puede aplicarse con la mayor probabilidad de éxito.

Resulta claro que mecanismos irreflexivos e inconscientes no pueden ser una guía en procesos de cambio como las que experimenta la ciencia, ni en los cambios cotidianos a los que asistimos.

Agreguemos que incluso en circunstancias normales -ciencia normal- es beneficioso conocerlos ya que pueden iluminar aspectos problemáticos, siempre presentes al explorar

terrenos nuevos. Actuaría como la gramática, superflua para hablar correctamente un idioma, pero que incide llegado el momento en el uso correcto del lenguaje.

La epistemología nos enseña cuál es la gramática de la ciencia, la estructura y los métodos que emplea.

La necesitan tanto los investigadores, como los que la emplean en su práctica profesional cotidiana, en la que se ejercita, parcialmente, investigación científica aplicada.

Sin ella, la metodología científica no pasaría de ser una simple receta, una secuencia de pasos sin racionalidad ni justificación.

Por no identificarse con la ciencia y su práctica, sino con su análisis, pensamos que quizás los propios científicos no sean los más aptos para enseñarla, salvo que posean entrenamiento reflexivo acerca de la ciencia. Y definimos éste último como aquel que brinda el conocimiento de las herramientas conceptuales forjadas en la epistemología, con sus tradiciones de reflexión meta-científicas. Los que las ignoran -sean científicos o simples diletantes- son llevados a redescubrir, con ojos de asombro y maravilla, lo más elemental de la epistemología.

No debemos olvidar que se trata de dos niveles conceptuales, uno que pertenece a la ciencia, y otro al de su reflexión. Confundirlos, llevaría a decir que se conocen las reglas gramaticales por el simple hecho de hablar, o que sólo un creyente puede estudiar la sociología y la estructura formal de la religión.

La epistemología que proponemos es más que epistemología. Intenta esbozar un cuadro completo de lo que es la ciencia. Por eso incorpora elementos de historia y sociología de la ciencia.

Es evidente para quienes asumimos que la ciencia se comprende estudiando sus *factores internos* -a grandes rasgos, estructura y métodos-, pero también sus *factores externos*, que la sola estructura conceptual de la ciencia proporciona una visión parcial de la misma. Pero nos resulta asimismo evidente que los factores externos, por sí mismos, no pueden ser explicativos de la estructura de la ciencia, ni de sus metas específicas.

Por lo tanto, es necesario ver a la ciencia moverse en su contexto histórico y social, al paso que se reconstruye su estructura teórica.

Es esta ciencia viva, estructura y medio social, la que se debe conocer.

Hemos argumentado que en épocas de crisis como la nuestra, es indispensable el entrenamiento en el uso de las herramientas reflexivas de la ciencia - enseñar a pensar - y no limitarse a los contenidos. Estos habrán de caducar en algún momento, quizás próximo. Cuando ya sean hojarasca inútil, la capacidad reflexiva conscientemente desarrollada permitirá asimilar nuevas orientaciones.

Estas conceptualizaciones, unidas a los contenidos humanísticos de la historia y la sociología de la ciencia, constituyen el conjunto de redes conceptuales privilegiadas, del que extraer elementos para armar teorías científicas nuevas, o expandir las existentes.

Quisiera enfatizar que el profesionalismo estrecho que sólo enseña lo actual de su disciplina provee de un cantero de ideas limitadas. Como toda creación consiste en la recombinación y reestructuración de elementos existentes, si éstos son escasos, las posibilidades combinatorias disminuyen. La historia de la ciencia, y otras disciplinas científicas y humanísticas conexas, deben ser ese plus de conocimientos al que apela un científico cuando debe crear. Así fue planificado en EE UU, cuando introdujeron materias humanísticas en la currícula científica, para elevar la productividad de la investigación en los egresados. Los resultados obtenidos parecieran dar credibilidad a los argumentos que hemos expuesto.

Hasta el momento, nuestra línea discursiva ha discurrido acerca de la necesidad de enseñar epistemología; en el ínterin, ha sido imprescindible adelantar razones acerca de los contenidos a enseñar.

Hay quienes han sostenido que es imposible o pernicioso, o ambos a la vez, enseñar a reflexionar acerca de la ciencia a quienes no saben ciencia.

Sin embargo, pensamos que puede enseñarse tanto al principio de la carrera, como promediando la misma. Una de las razones para sostener que puede enseñarse incluso al comienzo de una carrera científica o profesional radica en el hecho de que es una materia obligatoria, quizás central, en una carrera donde la ciencia no se aprende ni al comienzo ni al final: la de filosofía. Los aprendices de filósofos no saben más ciencia que los estudiantes universitarios cuando inician sus estudios. Sean o no los más aptos cuando se reciban para enseñar o investigar epistemología, y disciplinas conexas, nadie estaría dispuesto a sostener que deba ser excluida del plan de estudios de carrera de filosofía, por no poseer todavía un entrenamiento en ciencia.

El paso fue dado por un epistemólogo argentino, Mario Bunge, conocido por méritos propios, y por sus opiniones terminantes. En su proyecto de Maestría en Epistemología excluía de los candidatos a cursarla a los filósofos. No eran excluidos ni los sociólogos, ni los veterinarios, ni los químicos: sólo los filósofos. Curiosamente, al ser puesto en marcha dicho proyecto en el "campus" universitario de Iztapalapa de la Universidad Autónoma de México - próximo al Distrito Federal- y ya sin la presencia de Mario Bunge, fue dictada mayoritariamente por filósofos, muchos con sólida formación científica, ahora sin exclusiones prejuiciosas.

Si, como pensamos, es una disciplina formativa y su misión es sobre todo enseñar a pensar, en el caso de alumnos de reciente ingreso a la universidad son necesarios apenas rudimentos de ciencia y ejemplos sencillos provenientes de armar y desarmar los mecanismos del pensamiento científico.

Y para quienes ya posean conocimientos científicos, llevarlos gradualmente al análisis de la propia disciplina con las herramientas de la filosofía y la historia de la ciencia.

Tradiciones de reflexión en epistemología

Argumentamos anteriormente acerca de la necesidad de enseñar epistemología, aduciendo que era específicamente formativa, pues enseñaba a pensar, no como se piensa en la vida cotidiana o en el arte, o en las disciplinas prácticas, sino como se piensa en la ciencia.

Decíamos, también, que este conocimiento acerca de los componentes formales, sociales e históricos de la ciencia, no podía provenir de la simple práctica científica, sino de una reflexión acerca de la misma.

Asimismo, decíamos que esta reflexión acerca de la ciencia -como todo producto cultural- no podía ser producto de pensadores aislados, sino de una comunidad que desarrolla una *tradicón de análisis sobre la ciencia –metacientífico*¹⁵.

Pues bien. Esta comunidad de pensadores dedicados a analizar la ciencia se inicia como tal a partir del Círculo de Viena, cuando filósofos y científicos acometen la tarea común de pensar la ciencia. Ellos, y su descendencia -que no excluye a sus críticos y adversarios, miembros todos del mismo campo cultural- forjan esa herramienta de análisis -

¹⁵ Llamamos metacientífica a la reflexión sobre la ciencia, a la reflexión epistemológica.

esa tradición- que es la epistemología, que se prolonga legítimamente en los estudios actuales conceptuales e históricos de la ciencia.

Cuando expresábamos que enseñar a pensar debía consistir en un proceso de enseñanza-aprendizaje en el cual los alumnos adquirieran las habilidades reflexivas -y los conocimientos- de la epistemología contemporánea, no limitada a los factores formales de la ciencia, sino incluyendo en ella a sus factores históricos y sociales-habíamos dejado en suspenso el interrogante acerca de qué epistemología enseñar, y cómo enseñarla.

Esbozamos las siguientes tesis como respuestas adecuadas:

I- Sus contenidos deben ser -fundamentalmente- los aportados por la epistemología científica contemporánea, los de la sociología y la historia de la ciencia, con estudio de casos pertenecientes a la ciencia de nuestro país.

II- Debe enseñarse de una manera tal que semeje los mecanismos de investigación que presuntamente emplea la ciencia.

Comencemos, pues a desarrollar estos puntos.

¿Que epistemologia enseñar, y que mecanismos epistemicos utilizan los científicos?

En este apartado fijaré mi posición, en la presunción de que la misma es un buen espejo tanto de la actividad real de los científicos como de la evolución histórica de la ciencia.

No es una posición excluyente, pues reconozco que hay otras formas de entender la ciencia, pero tampoco hago profesión de fe ecléctica o relativista. Afirmo que en cualquier debate académico puede argumentarse con éxito que es la que mejor refleja a la ciencia, y probablemente la única que basa sus afirmaciones en análisis de teorías científicas reales, tanto en sus aspectos formales como históricos.

Coherente con lo enunciado en párrafos anteriores, no se trata de una posición aislada, sino que pertenece a los puntos de vista una corriente reconocida, en pleno desarrollo: *la concepción estructural de las teorías*.

Sólo en esta epistemología se intenta dar cuenta de la ciencia tal como ella es, con sus complejidades y sus peculiaridades, al contrario de los modelos demasiado simples con que ejemplifican sus argumentos tanto neo-positivistas como hipotético-deductivistas, obviando que la ciencia no es simple.

Únicamente dentro de sus marcos, la epistemología pudo lograr el viejo sueño de formalizar en un lenguaje riguroso a las teorías científicas, para pasar de elucubraciones más o menos vagas sobre la ciencia -tan comunes- a nociones precisas, lo más precisas posibles.

Mientras el neo-positivismo fracasa en formalizar a las teorías científicas mediante la lógica matemática -demostrándose que la lógica no era el espejo en el que debía mirarse la ciencia-, la concepción estructural logra este objetivo formal mediante el uso de la teoría ingenua de conjuntos, esa que se aprende en la escuela primaria y que se deriva de nociones tan básicas como “conjunto”, “elemento”, “pertenecer a un conjunto”.

Con este lenguaje formal simple y sin embargo exacto y poderoso, formaliza con pocas dificultades numerosas teorías científicas reales.

En cierto sentido, es una prolongación en la ciencia fáctica del programa Bourbaki de formalización de las matemáticas. Los Bourbaki¹⁶ consiguen reescribir todas las ramas de las matemáticas en el lenguaje formal de la teoría de conjuntos, con tanto éxito, que en la actualidad casi no existe tratado matemático que esté escrito de otra manera.

Al igual que los Bourbaki, Joseph Sneed, el fundador de la concepción estructural, sostiene que además de lograrse una correcta transcripción de la ciencia a la teoría de conjuntos, se consigue reflejar en ella la secuencia de procedimientos empleados efectivamente por los científicos.¹⁷

Esto, como no puede dejar de advertirse, sobrepasa las elucidaciones conceptuales, deja de ser una reescritura formal para *ser una afirmación empírica* acerca de la ciencia, que expresa aproximadamente que los científicos investigan siguiendo pasos que sólo son percibidos como tales a partir de una formalización estructural.

Esos pasos son los siguientes:

- i. primeramente se identifica una zona de la realidad que se caracteriza mediante funciones no-teóricas –como se conoce en el estructuralismo a las que provienen de un conocimiento previo a la propia teoría, para determinar *sus modelos empíricos*;
- ii. a esos modelos se les añaden las funciones que pertenecen exclusivamente a la teoría en cuestión –funciones *teóricas*-;
- iii. en un paso posterior se proponen leyes, que son hipótesis de funcionamiento del sistema;
- iv. finalmente, las leyes propuestas se ponen prueba de manera experimental o simplemente observacional, según sea la teoría en cuestión;

¹⁶ Bourbakí es el nombre colectivo que utilizan un grupo de matemáticos franceses para firmar una serie de artículos y libros en los cuales reescriben toda las matemáticas utilizando teoría de conjuntos, con lo que dan lugar a las matemáticas moderna. Piensan que esta refundación de las matemáticas, además de dotarlas de un lenguaje básico único –la teoría de conjuntos- muestra la manera en que trabajan los matemáticos creativos. Por supuesto, sus artículos son altamente especializados y dirigidos a matemáticos profesionales. A pesar de esto, sus hallazgos fueron utilizados fuera de su contexto natural para enseñar matemáticas a los niños, algo que nunca estuvo dentro de sus preocupaciones. El éxito o fracaso del intento pedagógico de enseñanza de las matemáticas utilizando teoría de conjuntos es sólo de responsabilidad de quienes lo propusieron, mas no del grupo Bourbakí.

¹⁷ Brevemente, para la concepción estructural las teorías científicas son estructuras complejas formada por un núcleo estructural (K) y un conjunto de *aplicaciones* del núcleo estructural al mundo empírico (I), de tal manera que puede escribirse:

$$T = (K, I)$$

A su vez, K es un conjunto de tres tipos de *modelos* distintos de la teoría, uno subconjunto del otro: los *modelos parciales posibles* (Mpp), que son aquellas zonas de la realidad a los que se va a aplicar los restantes axiomas de la teoría, su zona más “empírica”, los *modelos potenciales* (Mp), que resultan de añadirles funciones o conceptos propios de la teoría, y finalmente los *modelos efectivos* de la teoría, en los que se cumplen sus axiomas fundamentales, de tal manera que:

$$K = (Mpp, Mp, M)$$

I es un conjunto abierto, al que se pueden añadir o quitar miembros. Esto sucede en el curso de la historia de la ciencia, cuando a una teoría dada se le añaden nuevas zonas de la realidad a las cuales explicar.

Los modelos I constituyen la semántica informal de la estructura, la que le dá contenido empírico real. A ellos deberán “parecerse” los nuevos modelos de la teoría.

Se trata de una estructura formal que evoluciona en el tiempo, tal como la pensó Thomas Kuhn.

- v. en caso de que resulte exitoso, ese trozo de la realidad pertenece a la teoría, se trata de un modelo efectivo suyo.¹⁸

En este contexto, utilizamos el término modelo en el sentido matemático, como aquello en lo que se cumplen los axiomas y leyes que propone la teoría, desde las simplemente definicionales de las funciones no-teóricas, como sucede con los modelos más empíricos, hasta los más teóricos –en el sentido de pertenecer a esa teoría-, cuando cumplen las definiciones de las funciones teóricas, y luego, las leyes propiamente dichas.

No vamos a avanzar más en el asunto, ni en las demás características de la investigación científica, pero aclaremos que según el estructuralismo, gran parte de su labor consiste en hacer que más y más trozos de la realidad sean explicados –sean modelos- de una teoría dada: si es algo que se mueve, que lo sea por la mecánica clásica –o relativista-; si es una enfermedad, por la teoría de las infecciones o alguna otra, como la teoría inmunológica o endocrina; si es una transformación de una sustancia química en otra, por la bioquímica.

En la medida en que avanza el programa estructural reconstruyendo más y más teorías empíricas, la afirmación empírica de que los científicos investigan o simplemente aplican la teoría siguiendo esta secuencia, tiende a corroborarse cada vez más.

Además, la concepción estructural debe ser el lugar teórico a partir del cual se realice una lectura coherente de la historia de la epistemología contemporánea, desde el neo-positivismo, a la concepción de paradigmas de Thomas Kuhn, pasando por el hipotético-deductivismo de Karl Popper.

La manera expositiva en la que pienso consiste en mostrar sus puntos centrales, y cómo en su mismo desarrollo encuentran sus límites, que son resueltos y superados por la concepción siguiente, hasta culminar en la visión kuhniana de la ciencia, en la versión más precisa que hace de ella la concepción estructural.¹⁹

Puntos centrales, problemas y superación de los mismos en la siguiente vuelta de tuerca epistemológica son más que recursos expositivos, puesto que la concepción estructural conserva, superando, las epistemologías que la precedieron en la historia.

Del neo-positivismo, conserva la necesidad de un lenguaje preciso, lo más preciso posible, y la idea de que sólo desde una formalización correcta puede entenderse sin equívocos qué sea la ciencia.

¹⁸La concepción estructural encuentra en la estructura de una teoría científica la existencia de “modelos parciales posibles” -los modelos empíricos-, “modelos potenciales” -aquellos modelos empíricos a los que se añaden las funciones teóricas de la teoría-, y finalmente “modelos” -en los que se cumplen los axiomas básicos de la teoría-. Cada uno de ellos es un subconjunto del otro. La afirmación empírica consiste en decir que esta secuencia de modelos es la que efectivamente utiliza el científico en sus investigaciones.

Para una versión más detallada de la concepción estructural, puede consultarse:

Lorenzano, C. op. cit. Capítulo VII.

Moulines, C. Ulises. *Exploraciones metacientíficas*. Alianza Universidad. Madrid. 1982.

Sneed, Joseph. *The logical structure of mathematical physics*. Reidel. Dordrecht. 1971.

Stegmüller, Wolfgang. *La concepción estructuralista de las teorías*. Alianza. Madrid. 1982.

¹⁹Esta forma dialéctica de exposición, en la que cada epistemología es mostrada en su plausibilidad y en sus errores, para ser superada por la siguiente en una maniobra que conserva parte de sus aciertos, la utilizo en:

Lorenzano, César. *La estructura del conocimiento científico*. Zavalía. Bs.As. 1988.

De esta manera, todo el desarrollo es leído desde su punto culminante, la concepción estructural de las teorías.

La concepción estructural sostiene, al igual que Thomas Kuhn²⁰, que las teorías científicas son intrincados aparatos conceptuales que no pueden por ese motivo ser verdaderas o falsas. Sí lo son las hipótesis teóricas y conceptuales que se formulan en su seno, a lo largo de su evolución históricas. Ellas son puestas a prueba mediante una metodología hipotético-deductivista compleja.

Si consideramos, además, que el método hipotético-deductivo constituye el núcleo aceptado, estándar, del método de la ciencia, el que aparece en la redacción de artículos científicos, o en la forma canónica de presentar proyectos de investigación, resulta claro que *enseñar a pensar no puede prescindir del hipotético-deductivismo de Karl Popper, aún sin pensar que sea una epistemología única o privilegiada.*

En la concepción estructuralista, puede considerarse que éste es el método que se sigue cuando se ponen a prueba las leyes propias de los modelos de la teoría.

Agreguemos que su conocimiento permite conocer el porqué de los pasos del método científico, que de otra manera quedan sin justificar.

Habitualmente se enseña entre nosotros una versión del método hipotético-deductivo que se deriva de la síntesis que hicieron los empiristas lógicos entre sus propios puntos de vista y los de Popper cuando aceptaron, hacia 1936, las críticas que hacía a sus tesis empiristas primeras.

Autores como Hempel, Nagel, o el último Carnap toman las posturas de Popper, cambiándolas parcialmente. El equívoco que significa una lectura infiel de Popper fue posible por su larga estadía en Nueva Zelanda, y la muy tardía reedición -1957- de su texto fundamental *La lógica de la investigación científica*.²¹

Es preferible su versión original, por motivos de reconocimiento histórico, y de coherencia conceptual.²²

Util para entender investigaciones aisladas -hipótesis aisladas-, el hipotético-deductivismo fracasa en analizar lo más específico de la ciencia, sus teorías, y las modalidades de su desarrollo histórico; para ello es necesario un análisis más complejo, que transforme a una teoría científica de un manojito de hipótesis aisladas, en un proyecto coherente, cohesionado, racionalmente unificado.

Por este motivo, situamos al hipotético-deductivismo dentro de esquemas conceptuales más amplios -teorías- en los que se generan los problemas pertinentes, y las soluciones tentativas que les son característicos.

Esto nos introduce de lleno al autor más influyente de la epistemología contemporánea, Thomas Kuhn.²³

Sintéticamente, nos interesa particularmente uno de los núcleos fuertes de su propuesta, la noción de una estructura que evoluciona en el tiempo merced al aporte

²⁰ Ver al respecto la estructura que propone Kuhn para las teorías –a las que llama ahora matrices disciplinares– en su Posescrito de 1969.

²¹ Popper, Karl. *La lógica de la investigación científica*. Tecnos. Madrid. 1971.

Nagel, Ernst. *La estructura de la ciencia*. Paidós. Bs.As. 1973

Carnap, Rudolf. *Fundamentación lógica de la física*. Sudamericana. Bs.As. 1969.

Hempel, Karl. *Epistemología natural*. Alianza. Madrid. 1973.

²² Lorenzano, César J. “Hipotético-deductivismo”. En: *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*. Vol. V. Editorial Trotta. España. 1993.

²³ Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. F.C.E. México. 1971.

colectivo de una comunidad científica, puesto que así se fusionan los factores formales de la ciencia con sus aspectos históricos y sociales.

Se propone, entonces, una versión de la concepción kuhniana de la ciencia como la que formula la concepción estructural, aceptada por el propio Kuhn. No iré más allá de señalar que en la lectura de la concepción estructural, ese desarrollo de la teoría consiste en la propuesta, y posterior corroboración de leyes especiales que permiten ampliar su aplicación a la realidad. Y en sostener que precisa la noción de paradigma kuhniano, que éste formula sin demasiado rigor.

Por supuesto, no se trata de enseñar una epistemología vacía, un puro cascarón formal, sin contenido científico alguno. La epistemología debe servir para comprender -interpretar- a la ciencia.

En concordancia con la visión estructural de la ciencia, sus ejemplificaciones -sus modelos- son inseparables de su aparato formal, y no únicamente el terreno en que se corrobora o refuta, como se sostenía anteriormente.

Por este motivo, es imposible una epistemología por fuera de una ciencia “realmente existente” narrada por una historia de la ciencia que no sea una simple sucesión de fechas y de acontecimientos, sino una historia conceptual, una historia *interpretada* que muestre la estructura formal de la teoría en cuestión al momento de su inicio, y su evolución merced al trabajo conjunto de una comunidad científica que se extiende en el tiempo, abarcado sucesivas generaciones de investigadores.

No quisiera terminar sin enfatizar la necesidad de que esta historia conceptual y social contenga elementos de *investigaciones de la ciencia argentina* y latinoamericana. Parte inseparable de enseñar a pensar es el enseñar cómo se pensó la ciencia en nuestro país.

En síntesis

En nuestro artículo presentamos como tesis central que es indispensable, frente a la explosión actual de los conocimientos, y a su caducidad potencial, que además de conocer los contenidos propios de las distintas disciplinas, es indispensable aprender a pensar. Dijimos también que aprender a pensar equivale a hacerlo como lo hace la ciencia. Y finalmente, y completando nuestra tesis, que en la ciencia se piensa tal como lo enseña la epistemología, y más precisamente, la concepción estructuralista de las teorías, una concepción epistemológica arraigada en una comunidad filosófica amplia, y la única de estas características en el mundo de habla castellana, con ramificaciones en Europa y Estados Unidos. El motivo para afirmarlo radica en que en ella se sintetizan – conservándolos y precisándolos -los hallazgos epistemológicos del último siglo, desde su comienzo en una comunidad de instigadores nucleados en el Círculo de Viena, pasando por el hipotético-deductivismo de Karl Popper, y la epistemología histórica de Thomas Kuhn.

Argumentamos que enseñar a pensar no puede consistir en algunas de las estrategias habituales.

En primer lugar consideramos la táctica tradicional de enseñar como se lo hizo siempre. La deseamos pues si bien puede ser parcialmente eficaz, no puede utilizarse cabalmente en una época de explosión de la matrícula estudiantil y del conocimiento. La primera hace que la enseñanza personalizada en grupos mínimos no sea posible más que para elites, y la segunda porque al no hacer conscientes los mecanismos de pensamiento utilizados, no se los puede aplicar más que en eso que se aprendió, sin poder extenderlos al nuevo conocimiento.

En segundo lugar mencionamos la creencia extendida de que las matemáticas enseñan a pensar. Expresamos que con ellas se aprende sólo a pensar a las matemáticas, sin que pueda irse más allá de ellas. Como lógica y matemáticas no son las estructuras básicas de la ciencia –un hecho que resulta obvio luego del ya añejo fracaso del logicismo²⁴- su conocimiento no implica aprender a pensar como la ciencia.

Dedicamos un espacio amplio a la consideración de la teoría de Piaget, principalmente porque una interpretación errónea del mismo ha sido responsable en nuestro medio de un cierto abandono del celo docente, bajo la idea atribuida equivocadamente a Piaget de que las estructuras de conocimiento –aquello merced a lo que se piensa- maduran solas, por el simple paso del tiempo, sin que haga falta ningún esfuerzo especial.

Otra consecuencia indeseada y errónea fue el sostener que no debe apurarse a los alumnos –es decir, no debe enseñárseles demasiado, ni tareas por fuera del aula- “respetando su propio ritmo”.

Por lo contrario, Piaget explícitamente explica que la maduración de las estructuras depende de un contexto de enseñanza por parte de los adultos, y que el ritmo se acelera si se enseña con intensidad. Mostró en sus estudios comparados que en lugares campesinos las estructuras demoran en aparecer por falta de los estímulos de la escolaridad y de la ciudad. Algo que se constata también en toda su obra, cuando nos muestra la maduración de las estructuras en los niños a los que investiga debido al paso del tiempo, es cierto, pero también a que Piaget los pone a prueba planteándoles problemas cuya resolución exige determinadas estructuras, que se forman en ese momento para resolverlos.

Expresamos a continuación que al igual que en otros ámbitos culturales, como el arte, la reflexión epistemológica e histórica es la que provee a la ciencia de estructuras y contenidos que la enriquecen. Como resulta cada vez más evidente, el arte incorpora la reflexión sobre la pintura, la escultura o la literatura a las obras mismas. Quizás no sea tan obvio que los escritos científicos tienden a estructurarse –incorporándolas- según las distintas epistemologías. Desde Newton, que escribe sus Principia a la manera axiomática de Euclides y Aristóteles, hasta los protocolos de investigación actuales que adoptan la forma aproximada del hipotético deductivismo.

Finalmente, propusimos que aprender a pensar, es hacerlo como lo hace la ciencia, y que esto significa hacerlo como lo explicita la epistemología contemporánea, que culmina en la concepción estructuralista de las teorías.

Es importante hacer notar que la concepción estructural sintetiza en su seno al hipotético-deductivismo, y a una evolución de las teorías que tiene semejanzas a lo que plantea Kuhn –aunque piense que puede hacer más de una evolución posible, además de la alternancia de ciencia normal y revoluciones científicas; puede haber cambios sin revolución, con evolución, o abrirse más de una línea teórica de un mismo tronco común-.

Permite asimismo, al incorporar a la comunidad científica a su formalismo, reflexionar acerca de los factores sociales de la ciencia.

Alejados del simplismo epistemológico, aprender a pensar la ciencia es aprender su estructura, su historia, su contexto social, y añadimos finalmente, entender la manera en que se implanta y desarrolla la ciencia en nuestros países.

²⁴ Se llama logicismo a la corriente epistemológica iniciada por Bertrand Russell que intentó, sin éxito, reducir las matemáticas a la lógica, y que fue extendida al conocimiento empírico sin éxito por el neopositivismo.

Solo así arraigarán los valores y las formas reflexivas de la ciencia en nuestros egresados, situándolos en condiciones de afrontar los desafíos cognoscitivos actuales. Solo así podrán formar parte de una sociedad que utilice a la inteligencia como principal insumo para su producción, como es el sino de los tiempos.