Instituto Nacional

Para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias

El método hipotético deductivo y la lógica

Gregorio Klimovsky

1

Instituto de Lógica y
Filosofía de las Ciencias.
Facultad de Humanidades y
Ciencias de la Educación.
Universidad Nacional de La Plata.

Cuadernos del Instituto de Lógica y Filosofía de las Ciencias

Director: **Ricardo J. Gómez**

Serie Celeste

1 – G. Klimovsky	"El método hipotético deductivo y la lógica"
2 – R. J. Gómez	"Sobre la vigencia del concepto aristotélico de ciencia"
3 – R. Orayen	"La ontología de Frege" (I)
4 – R. Orayen	"La ontología de Frege" (II)
5 – C. Lungarzo	"Incompleticidad de la Aritmética Formal"
6 – E. Rabossi	"El comportamiento moral: niveles metodológicos y neutralidad teórica"

Serie Amarilla

1 – M. Bunge	"La teoría relacional y objetiva del Tiempo Físico"
2 – J. A. Coffa	"El concepto de inercia en Galileo"
3 – I. Lakatos	"Falsificación y la metodología de los programas de investigación científica" (I)
4 – I. Lakatos	"Falsificación y la metodología de los programas de investigación científica" (II)

El método hipotético deductivo y la lógica

Gregorio Klimovsky

1

Instituto de Lógica y
Filosofía de las Ciencias.
Facultad de Humanidades y
Ciencias de la Educación.
Universidad Nacional de La Plata.

PRÓLOGO

El Instituto Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias (I.N.E.C.) de acuerdo con las funciones establecidas en el decreto de su creación debe difundir con la mayor amplitud posible temas que favorezcan a la actualización de los docentes.

A su vez, el Instituto de Lógica y Filosofía de las Ciencias de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata, creado en 1969 por iniciativa del Prof. Rodolfo M. Agoglia, tiene como objetivos principales la organización de los cursos del doctorado en Filosofía del área epistemológica, la actualización de toda la informacion acerca de autores y tesis representativos en relación a los problemas filosóficos vinculados con la temática de la Lógica, la Historia de las Ciencias y la Filosofía de las Ciencias y la difusión de los trabajos de profesores e investigadores nacionales o extranjeros que constituyan aportes valiosos en el dominio citado. Esta Coleccion de Cuadernos del Instituto de Lógica y Filosofía de las Ciencias (UNLP), en sus dos series (Celeste y Amarilla), constituidas respectivamente por trabajos originales de autores argentinos, y por traducciones autorizadas de artículos publicados en revistas extranjeras, procura colaborar a la consecución de los objetivos señalados.

La Serie Celeste se inicia con un escrito del Prof. Gregorio Klimovsky mientras que la Serie Amarilla lo hace con la traducción de un artículo del Prof. Mario Bunge. De este modo ambas series se inauguran con sendos trabajos de dos personalidades que han contribuido notablemente a la investigación y enseñanza de la Lógica Contemporánea y de la Filosofía de las Ciencias.

Hacemos público nuestro agradecimiento a dichos profesores y *a todos aquellos que han colaborado con esta Colección autorizando la publicacion en ella de sus trabajos.*

Esperamos que estas dos series de publicaciones que han sido posibles gracias a la O.E.A. cumplan con todas las finalidades estipuladas.

PROF. ANGEL HERNAIZ
Director asesor del I.N.E.C.

PROF. RICARDO J. GÓMEZ
Director del Instituto de Lógica
y Filosofía de las Ciencias

El objeto de este trabajo es examinar la función de la lógica en los sistemas científicos, e indicar posibles analogías entre la naturaleza gnoseológica de las hipótesis científicas y la de las reglas de la lógica.

Una vieja tradición divide a las disciplinas científicas en dos tipos: las formales y las fácticas. En las primeras encontramos resabios de la idea de ciencia demostrativa que expone Aristóteles en los Segundos Analíticos, mientras que en las otras encarnaría el modo de pensar empirista que hace de la ciencia un resumen de observaciones obtenidas por medio de la percepción. Naturalmente, el límite que separa las unas de las otras depende de la posición filosófica que se adopte. Un racionalista en el sentido más amplio posible no admitiría la existencia de ciencias fácticas y, más aún, consideraría a la expresión "ciencia fáctica" como una **contradictio in adjecto** que chocaría con la definición misma de ciencia; desde un punto de vista así, todas las ciencias deberían adecuarse a la estructura demostrativa, desde la matemática y la física hasta la ética, por ejemplo. Por el contrario, un empirista radical advertiría en las más formales de las ciencias meras generalizaciones de los hechos que nos ofrece la experiencia sensorial o práctica. Entre ambos extremos, lo común consiste en maneras de ver según las cuales la matemática queda de un lado y las ciencias naturales del otro, restando tal vez dudas acerca de si la física debe o no escindirse en dos disciplinas, la física matemática y la física experimental o natural, quedando la primera como "formal" y la otra como "natural".

Hoy día esta distinción no despierta entusiasmo, y si la traemos a colación es porque asociada a ella está una concepción de la lógica según la cual el empleo de procedimientos lógicos en ciencia —especialmente los de tipo deductivo— es esencial en las disciplinas formales, pero no en las empíricas; más aún, la lógica misma, en el caso de que se la considere como a una disciplina científica, estaría clasificada como formal. Una versión algo más atenuada de esta opinión, y que se adecua mejor al punto de vista que actualmente se tiene acerca de lo que es una ciencia empírica, es la que considera como esencial el empleo de procedimientos lógicos también en las disciplinas fácticas, aunque sin alterar por ello el carácter formal intrínseco de la lógica. Por el contrario, nosotros sostenemos que es perfectamente compatible creer en la importancia de la lógica para la ciencia empírica sin reconocer diferencias esenciales entre el tipo de conocimiento que brindan las ciencias fácticas y el que brinda la lógica. En este trabajo se discutirán someramente algunas de las razones que pueden llevar a pensar así.

Que los procedimientos deductivos tienen igual importancia en las disciplinas tradicionalmente consideradas formales como en las fácticas es hoy un hecho casi obvio, si bien en su momento fue necesario insistir bastante para hacerlo ver (1)). La razón por la cual se asociaban estrechamente los conceptos de "lógica" y de "ciencia formal" está en el papel fundamental que la idea de "demostración" desempeña en las disciplinas formales. En cierto modo, si se piensa que ambos tipos de disciplinas buscan la verdad, en las formales ésta aparecería ligada a la noción de "teorema" o sea de "proposición demostrada". En una concepción empirista radical que haga a las proposiciones de las ciencias naturales meros resúmenes o generalizaciones de verdades singulares, nada parecido a la demostración existe. Pero esta concepción es ya anticuada; hoy se sabe que las disciplinas científicas fácticas encuentran su expresión en los llamados "sistemas hipotético-deductivos". La contrastación de hipótesis, medio por el cual se controla la validez o aceptabilidad de las teorías científicas (y cuya posibilidad es tomada por algunos como definitoria de la característica de ser "hipótesis científica"), se lleva a cabo deduciendo consecuencias observacionales. Sin deducción no existiría manera de refutar teorías o de confirmar hipótesis. Por ello puede decirse que —curiosamente— las orientaciones racionalistas aparentarían después de todo no estar equivocadas, ya que tanto en la matemática como en la ciencia natural encontraríamos estructuras deductivas similares. Pero, como algunos epistemólogos admiten que hay una diferencia entre los dos casos, éste sería el momento oportuno para preguntar por ella. Vamos a examinar esto con algún detalle.

Una organización deductiva de una disciplina científica, tanto en la manera de pensar tradicional como en la contemporánea, consistiría en un cuerpo de proposiciones (2)) de las cuales algunas se aceptan como punto de partida de la estructura deductiva (los principios) y las demás se obtienen como consecuencias lógicas de deducciones o cadenas de deducciones que parten de tales principios (los teoremas o proposiciones derivadas). Estas proposiciones se referirían a ciertos objetos o entidades cuyo estudio es el propósito de la disciplina en cuestión. Así planteadas las cosas, si se desea seguir admitiendo la diferencia entre ciencias formales y ciencias fácticas, habrá que ingeniarse para señalarlas dentro del marco de la estructura así descripta. Tres posibles criterios pueden proponerse para establecer la distinción, cada uno de ellos basado en alguno de los siguientes aspectos del problema:

1) La naturaleza de los objetos estudiados;
2) La función semántica de las proposiciones;
3) El "status" gnoseológico de los principios.

Examinemos de cerca lo que involucra cada una de estas alternativas. Comencemos por 1). Para establecer una diferencia entre ciencias formales y ciencias fácticas podría admitirse que hay dos tipos de entidades: formales y fácticas. Esto es tentador, y si así hiciéramos nos colocaríamos dentro de una tradición epistemológica que arranca de Platón. Por razones que examinaremos en 2), esto no es considerado como necesario para la filosofía de la matemática actual —en virtud de la naturaleza del método axiomático formal— y, por otra parte, no es visto con simpatía alguna por los pensadores empiristas o nominalistas. Sin embargo, no es una concepción en sí contradictoria, y no vemos nada que imposibilite considerar a las modernas teorías de conjuntos. por ejemplo, como teorías acerca de objetos formales (3)). La discusión acerca de si los términos de las teorías de conjuntos designan "realmente" o "virtualmente" (4)) entidades recuerda otra similar acerca de si los términos teóricos de las hipótesis científicas de alto nivel son "realmente" designativas o poseen solamente valor instrumental; en cierto modo, uno podría considerar a los símbolos de conjuntos como un tipo particular de términos teóricos. Es verdad, como observa Nagel (5)), que la discrepancia puede no tener valor científico si es que el aceptar una cosa o la otra no afecta la capacidad predictiva, la demostrabilidad o la contrastabilidad de la teoría. Pero desde el punto de vista filosófico la diferencia es importante. y lo es aún dentro de la ciencia misma si se admite que no sólo lo predicativo sino lo explicativo es importante en ciencia y que una proposición científica no explica igual si se interpretan sus términos instrumentalísticamente (6)) o si se lo hace de manera realista. En tal sentido. interpretar a los términos de la matemática como refiriéndose a entidades formales podría dar a sus afirmaciones un valor explicativo que está ausente en la concepción que hace de esta disciplina un mero artificio instrumental auxiliar de la ciencia natural.

No es nuestra intención discutir aquí si existen o no entidades formales. Sí vale la pena hacer notar que la distinción entre los dos tipos de entidades sería verdaderamente interesante sólo en el caso de que ella afectara el "status" gnoseológico de los principios admitidos en los respectivos tipos de disciplinas científicas. Pues, si las razones que garantizan la verdad de los principios son las mismas tanto para las teorías que se ocupan de objetos formales que para las que se refieren a objetos concretos, no valdría la pena distinguir metodológicamente entre unas y otras (y toda nuestra discusión se haría ociosa). Sería como distinguir química de medicina, probablemente. Por consiguiente, la posibilidad de usar la distinción 1) sería significativa sólo si la distinción propuesta en 3) es importante. Como 3) se analizará en seguida, suspendemos el argumento aquí y pasamos a 2).

La posibilidad de encontrar una diferencia de carácter semántico entre las proposiciones de las disciplinas formales y las de las ciencias fácticas constituye uno de los descubrimientos más originales de la epistemología contemporánea, y sus consecuencias filosóficas son tan notables como numerosas. Nos referimos a la aparición del "método axiomático" (7)). En cierto modo, la actitud "oficial" que se adopta actualmente acerca de la eventual existencia de alguna diferencia entre las ciencias formales y las otras se basa en lo siguiente: las proposiciones de las ciencias fácticas son genuinas proposiciones, es decir, describen hechos, situaciones, o estados de cosas, mientras que las proposiciones de las ciencias formales sólo lo son en un sentido meramente sintáctico ("Sintáctico" es usado aquí en el sentido de Morris (8)) y Carnap (9)), es decir, haciendo sólo referencia a las propiedades de las expresiones lingüísticas que no involucren usuarios ni significaciones). Los sistemas deductivos de la matemática son meros cálculos, es decir, reglas para pasar de combinaciones de signos a otras combinaciones de signos. Así concebidos, tales sistemas se conocen con el nombre de **"sistemas axiomáticos"**; los "principios" se convierten en "axiomas" (donde esta palabra no conserva su sentido primigenio de verdad primaria, evidente y apodíctica, sino que ahora meramente significa "punto de partida en el juego de ir obteniendo expresiones lingüísticas mediante transformaciones de otras expresiones"), las consecuencias lógicas de los principios en "teoremas" (donde esta palabra ahora únicamente quiere decir "resultado obtenido transformando expresiones en expresiones partiendo de los axiomas"). Un hecho importante para comprender la utilidad de este método es que, aunque las proposiciones se tomen ahora en sentido meramente sintáctico y como meras sucesiones de signos, su estructura debe corresponder a la de las auténticas proposiciones usadas en el lenguaje ordinario de la ciencia fáctica. Para decirlo de otro modo, su estructura gramatical debe ser tal que si a sus términos se les da designación se obtiene una proposición en el sentido semántico. Veamos porqué:

De las proposiciones de un sistema axiomático no puede decirse que sean verdaderas o falsas. "Verdadero" y "falso" son nociones semánticas que implican algún tipo de correspondencia o inadecuación con lo fáctico (10)). La única noción que cabe en los sistemas axiomáticos es la de "demostrable", una proposición es demostrable, o es teorema, cuando puede deducirse de los axiomas. Las reglas de deducción las da la lógica. Esto puede sorprender, pues de ordinario se supone que la lógica se ocupa de deducciones entre auténticas proposiciones y no de la transformación de agrupamientos sintácticos de signos. Sin embargo. recordando que hemos impuesto a las expresiones del sistema la condición de que su forma gramatical sea correcta y corresponda a las mismas reglas de formación que permiten construir proposiciones fácticas, la cosa no resulta tan extraña. Pues las reglas de la lógica son "formales", en el sentido de garantizar la deducción atendiendo a la sintaxis de las expresiones (11)) y no a los designados de los términos (lo cual suele decirse también afirmando que las reglas lógicas no atienden al "contenido"). Por consiguiente. es totalmente posible hacer deducciones en los sistemas axiomáticos. El único requisito que hay que cumplir es el de asociar a cada término del sistema, ya que no un designado —puesto que sólo trabajamos con expresiones consideradas sintácticamente—, al menos una categoría semántica o gramatical que indique el tipo de designado que el término puede adquirir si deseamos dárselo. Pues si no hiciéramos así, no podríamos hablar de forma gramatical correcta, ya que para juzgar si una expresión es correcta por su forma sin conocer los designados de sus integrantes es necesario saber qué categoría de cosas pueden nombrarse con esos términos y si esas categorías están ensambladas "como es debido". Vale la pena mencionar una posible extensión de la idea de "sistema axiomático", la de "**sistema sintáctico**" (12)); en estos sistemas. en lugar de proposiciones sintácticamente correctas pueden emplearse expresiones cualesquiera, y en lugar de reglas de deducción, "reglas sintácticas de inferencia" o sea procedimientos arbitrarios para transformar expresiones en expresiones. Aunque en la lógica contemporánea se usa más la noción de sistema sintáctico, en matemática lo normal es emplear la de sistema axiomático. Y podemos preguntarnos ya para qué sirven los sistemas axiomáticos, y, al contestar, encontrar indicadores para apreciar las ventajas que pueden tener respecto de los sistemas sintácticos en general.

Si los sistemas axiomáticos se estudian por su interés sintáctico intrínseco, entonces no difieren demasiado de juegos como el ajedrez donde hay posiciones iniciales, movimientos y posiciones privilegiadas; aquí tendríamos axiomas, reglas de inferencia y teoremas. Lo que ocurre es que además es posible interpretar semjnticamente un sistema axiomático, dándole designación a los términos (pero respetando las categorías de los mismos). Cuando eso se hace, las proposiciones se transforman en genuinas afirmaciones y pueden resultar verdaderas o falsas. Si los axiomas resultan verdaderos, en cuyo caso los teoremas también por haberse obtenido deductivamente de ellos, decimos que la interpretación es "adecuada" o que hemos obtenido un "**modelo**" (13)). El interés del método axiomático es que un mismo sistema axiomático puede admitir diversos modelos, de modo que su estudio es una manera de considerar simultáneamente aspectos deductivos de diferentes campos fácticos (cada uno de esos campos correspondiendo a cada una de las interpretaciones adecuadas posibles). La ventaja de los sistemas axiomáticos respecto de los sintácticos está en que para reconocer que la interpretación es adecuada basta ver que los axiomas quedan convertidos en proposiciones verdaderas. Pues el requisito de respetar categorías y formas gramaticales, y el de emplear deducción lógica correcta, basta para garantizar que los productos de la transformación de los axiomas, —es decir, los teoremas— serán también verdaderos. En los sistemas sintácticos es necesario además probar que las "reglas de inferencia sintácticas" conservan la verdad (lo cual, si son arbitrarias, puede muy bien no ser cierto o ser muy difícil de establecer (14)). Todo esto muestra el papel central que la lógica tiene para el método axiomático; ella nos ayuda a obtener los teoremas y a garantizar que éstos son verdaderos en toda interpretación en que los axiomas lo sean.

Debido a que es muy frecuente que campos de investigación distintos posean análogas propiedades estructurales, la idea de emplear sistemas axiomáticos comunes para estudiar éstas, de modo que tales campos constituyan modelos comunes para esos sistemas, resulta muy ventajosa y explica lo difundido del método. Es interesante notar que la noción aristotélica de "ciencia demostrativa" y la concepción de "ciencia formal" vienen en cierto modo a reencontrarse en la noción de "sistema axiomático". Pero notemos que cuando se exige que el lenguaje científico sea significativo y semánticamente informativo es necesario sobrepasar esta metodología dirigiendo nuestra atención hacia interpretaciones y modelos, es decir hacia la ciencia fáctica. Pero en un modelo los axiomas vuelven a ser principios, y los teoremas proposiciones derivadas. Es decir, en el momento en que el lenguaje científico vuelve a ser significativo, la diferencia entre ciencia fáctica y formal se desvanece nuevamente. De otro modo; si existen disciplinas formales (en el sentido caracterizado por el método axiomático) ellas no serían legítimamente ciencias expresables en lenguaje comunicativo o informativo; viceversa, disciplinas genuinas que describen hechos particulares o generales no serían formales.

Volviendo momentáneamente al problema de cuál es la relación de la lógica con la ciencia, es oportuno ya hacer ciertas observaciones. Si pensamos en la lógica como teniendo que establecer reglas correctas de deducción, es perfectamente posible preguntarse si la lógica, como disciplina encargada de tal tarea, es o no formal. La pregunta parece un tanto obvia, pues podría argüirse que todo el mundo sabe que la lógica, o al menos una parte bastante característica de ella, es "formal". Pero ésta es una confusión entre "formal" cuando hace referencia a las categorías y no a las designaciones de los términos que figuran en premisas y conclusiones a las que aluden las reglas, y "formal" en el sentido de "sistema axiomático". Aunque es perfectamente posible construir sistemas axiomáticos para la lógica, es bueno advertir que la lógica misma es una colección de afirmaciones significativas acerca de cuáles son las transformaciones admisibles de proposiciones auténticas que conservan la verdad. En este sentido puede decirse paradójicamente que la lógica formal no es una disciplina formal (no es un sistema axiomático). Razonamientos un tanto parecidos a los que acabamos de hacer mostrarían también que, en contra de lo que muchos epistemólogos "formalistas" aducen, la matemática no se reduce exclusivamente al método axiomático y al desarrollo de los correspondientes sistemas axiomáticos, sino que hay también una matemática no formal (algo semejante aduce Russell contra la axiomática de Peano para mostrar que el sentido ordinario de la aritmética —cuando usamos números en la vida cotidiana para contar conjuntos— no es el que encontraríamos en un sistema axiomático formal (15)). . . .

Ahora bien, los que persistan en concebir la lógica y la matemática como disciplinas formales, en el sentido tradicional de "ciencia formal", extraerán conclusiones interesantes del párrafo anterior. Ellos pueden aducir que la distinción entre sistemas axiomáticos y modelos (o, en lugar de modelos, disciplinas fácticas, en general) no refleja totalmente la distinción entre "formal" y "fáctico", pues habría una lógica y una matemática que en ese sentido serían fácticas, pese a que siguiendo una tradición habría que seguir considerándolas con un carácter formal que la física o la biología ordinarias no poseen (16)). De ser así, se requiere volver a encontrar una diferencia que no sea semántica. Una posibilidad sería recaer, como al discutir la posibilidad 1), en la diferencia entre objetos formales y no formales. La lógica se ocuparía de objetos formales como las proposiciones y las deducciones, y la matemática de números y conjuntos, entre otras cosas. Pero ya hicimos notar que esto es poco prometedor, si la diferencia no se refleja en el "status" gnoseológico de los principios de la lógica y de la matemática. Pues si la garantía de verdad que se posee al investigar deducciones o conjuntos no es diferente que al estudiar péndulos o genes, la diferencia entre disciplinas formales o no formales sería meramente de temas y no de otra cosa. Como ya dijimos, sería tanta la diferencia entre matemática y física como la de ésta con la biología. Pero esto no parece ser así; los que creen que vale la pena mantener la dualidad entre lo formal y lo fáctico piensan que lo que ocurre es que en nuestro caso la diferencia de tema involucra una diferencia en el "status" gnoseológico de los principios de ambos tipos de ciencia. Como se ve, luego de nuestra excursión por 1) y 2), desembocamos en 3) forzosamente.

Los que intentan establecer un límite divisorio entre ciencia formal y ciencia empírica se apoyan frecuentemente en la creencia de que existe una diferencia esencial entre el "status" gnoseológico de los principios de una y otra. La verdad de los principios de las ciencias formales sería necesaria, la de los principios de la ciencia fáctica sería contingente. Recordemos que hemos admitido que la estructura de ambas ciencias es deductiva, en el sentido de cristalizar en sistemas deductivos; por ello es que basta discutir qué ocurre con los principios. Comencemos por manifestar que la epistemología contemporánea acepta la distinción en cuestión siempre que se recuerde que sólo se admite un único tipo de necesidad intrínseca para los enunciados científicos, y es el que corresponde a las leyes lógicas o a las meras tautologías (incluidas las verdades "definicionales" y las "analíticas"). De ser así, podría caracterizarse a la ciencia formal como aquella que investiga sistemas deductivos cuyos principios son verdades lógicas; ciencia fáctica sería la que estudia sistemas deductivos cuyos principios son afirmaciones contingentes. Que esta distinción es gnoseológica y no meramente lógica se ve al considerar que el tipo de método por el cual conocemos que el primer tipo de principios es verdadero es distinto de aquél por el cual conocemos la validez del segundo tipo (hechos singulares fácticos intervienen en la justificación de los segundos, pero no en la de los primeros). Así planteadas las cosas, y recordando que los sistemas deductivos fácticos pueden obtenerse como modelos de sistemas sintácticos, reencontramos la distinción propuesta por Carnap entre interpretaciones lógicas e interpretaciones descriptivas —o fácticas— (17)); las ciencias formales serían interpretaciones lógicas de sistemas sintácticos, mientras que las ciencias fácticas serían interpretaciones descriptivas de tales sistemas. Esto muestra que las ciencias formales no son triviales, puesto que la lógica y la matemática son útiles pese al carácter no fáctico de la verdad de sus principios, o quizá debido a ese mismo carácter. Admitida la diferencia, vamos a examinar algunas de sus consecuencias.

En el caso de las ciencias fácticas, es bueno hacer notar que la observación y experimentación proporcionan métodos empíricos para justificar proposiciones singulares cuyos términos designen elementos de la base empírica. es decir, de la esfera de entidades cuyo conocimiento se considera directo para la disciplina en cuestión. Por desgracia, los principios de la ciencia empírica no son proposiciones así, y no son singulares sino generales, o bien hacen referencia a objetos no observables, que no están en la base empírica (18)). En tal caso, no hay método directo para verificar o refutar tales principios. En contra de una vieja e inexacta tradición acerca de la naturaleza gnoseológica de los principios de la ciencia fáctica, ellos pueden no verificarse totalmente y son, en cierto sentido, aún menos seguros (19)) que las proposiciones singulares antes mencionadas —que llamaremos a partir de ahora, **proposiciones observacionales**. Por ello, el valor de verdad de los principios no es en general concluyentemente conocido. De ahí que en general el "status" de los principios sea el de **hipótesis**, o sea, el de proposiciones cuyo valor de verdad es desconocido, pero que se suponen verdaderas (la suposición se pondrá a prueba por sus implicaciones, que darán indicación de su aptitud para describir lo real). Los sistemas deductivos en cuestión se transforman en sistemas **hipotético-deductivos**, donde los principios son ahora **hipótesis fundamentales** del sistema y donde los teoremas serán de dos clases: a) **hipótesis derivadas**, es decir, proposiciones generales o teóricas que se deducen de las hipótesis fundamentales (y cuya verdad o falsedad es por lo tanto también desconocida, pero que estamos obligados a admitir como verdaderas si es que somos consecuentes con la decisión de suponer verdaderas las hipótesis fundamentales de las que son consecuencias deductivas) y b) **consecuencias observacionales**, que son proposiciones observacionales que se dejan deducir de los principios. Las consecuencias observacionales también deben ser admitidas como verdaderas (por la razón antes expuesta de que las consecuencias de los principios, que se suponen verdaderos, deben ser también supuestas verdaderas. "Admitido" significa aquí lo mismo que "supuesto"), pero —a diferencia de las hipótesis derivadas— son en principio susceptibles de verificación o de refutación conclusiva mediante acceso directo a la base empírica. Si las observaciones coinciden, es decir, si las consecuencias observacionales contrastadas hasta el momento resultan verdaderas, las hipótesis fundamentales, y el sistema todo, se dice "corroborado"; en caso contrario, es decir, si alguna consecuencia observacional resulta falsa, se tiene que alguna de las hipótesis fundamentales (aunque no pueda precisarse cuál) es falsa y que el sistema queda refutado. Esto tiene importantes consecuencias: 1) los sistemas hipotético-deductivos no se aceptan de una vez para siempre; 2) no se sabe conclusivamente si sus hipótesis son verdaderas; 3) cuando son defectuosos puede saberse conclusivamente que contienen hipótesis falsas; 4) son controlables mediante la experiencia a través de las consecuencias observacionales de sus hipótesis fundamentales y 5) no admiten una justificación inductiva, es decir no hay procedimiento para verificar las hipótesis fundamentales a partir de observaciones (pues, aunque es posible ir de generalizaciones a casos particulares por caminos deductivos, lo inverso no es posible. La deducción lógica garantiza que la verdad de los principios fuerza la de las consecuencias, pero al revés no, y ello porque la corrección lógica no impide el caso en que las premisas sean falsas y la conclusión verdadera. Como se sabe, no hay ningún procedimiento deductivo o lógicamente garantizable llamado "inducción", pese a lo que la tradición establece) (20)). Además, en lugar de hablar de una ciencia empírica deberíamos hablar de los diversos sistemas hipotético-deductivos admisibles en su campo (hay quien prefiere decir "teorías"). En general, son posibles diversos sistemas no equivalentes y aún incompatibles dentro de una misma disciplina. El control empírico va eliminando muchas, pero siempre quedan varias. Los sistemas hipotético-deductivos no se utilizan aisladamente; un sistema de física presupone geometría, uno de biología presupone química. Cuando un sistema presupone otro, se dice que las hipótesis fundamentales de éste son hipótesis presupuestas del otro. Cuando se somete una teoría al control de la experiencia y el resultado es negativo, debe tenerse en cuenta que la "hipótesis culpable" puede esar entre las presupuestas.

Esta metodología es atractiva, pues despoja a la ciencia fáctica de dogmatismo, y semeja a una marcha por aproximaciones sucesivas al conocimiento de lo real (mediante la refutación de teorías defectuosas y su reemplazo por teorías más refinadas). en la elección de principios no hay mera inducción sino también creación intelectual, la cual no se reduce a especulación, pues puede controlarse por la experiencia. Pero en todo ésto la lógica desempeña otra vez un papel fundamental, ya que sin ella no existiría vinculación entre principios (hipótesis fundamentales) y consecuencias observacionales. Y éste es el momento de volver a preguntar por el tipo de conocimiento que brinda la lógica, y compararlo con el conocimiento hipotético-deductivo que obtenemos en las ciencias fácicas. ¿Son tipos de conocimiento diferentes? En este caso, las ciencias fácticas poseerían un ingrediente no fáctico, las reglas lógicas que vinculan principios y teoremas, mientras que las ciencias formales ofrecerían principios de naturaleza tan lógica como la de las reglas de deducción utilizadas para obtener sus teoremas. Las ciencias formales ofrecerían así un tipo de pureza y homogeneidad que las ciencias fácticas no poseerían. Además serían seguras, toda vez que se supone que el conocimiento de las leyes y reglas lógicas tiene un grado de seguridad absoluta, que no encontramos para el de las hipótesis empíricas (21)).

¿De dónde se obtiene el conocimiento de la verdad de las leyes y reglas lógicas? Contestar que la lógica misma puede organizarse como sistema deductivo de modo que tales reglas y leyes se obtengan como teoremas no es concluyente. ya que el sistema partiría de todos modos de principios y usaría reglas especiales de deducción, de donde sería posible preguntarse por la razón para admitir tales reglas y principios. Llega el momento en que debemos preguntarnos cómo conocemos la verdad de los primeros principios lógicos, y de las primeras reglas lógicas. Como el método hipotético no puede aplicarse aquí —al menos es lo que de ordinario se piensa— y no es posible hablar de justificaciones lógicas sin caer en un círculo vicioso, parecería que en este punto habría que recurrir a un tercer procedimiento, ni lógico ni fáctico. Hay diversos procedimientos mediante los que se intenta fundamentar esta etapa del conocimiento; no entraremos a detallarlos, pues entendemos que la historia de las ciencias formales está obligado a descartar este modo de pensar. En efecto, las antinomias lógicas, especialmente en el campo de las lógicas superiores o en el de las teorías de conjuntos, ha mostrado claramente que los procedimientos "seguros" para validar los principios y reglas lógicas son un mito (22)). Sistemas de lógica formal con principios "evidentes" quedaron refutados por sus propios teoremas, lo cual en cierto modo sería la manera más "infamante" en que puede sucumbir un sistema: no tanto por contradicción con los hechos como por inconsistencia consigo mismo. Hoy día es habitual el espectáculo de diversos sistemas de lógica que contienen leyes o reglas alternativas y no equivalentes coexistiendo en el campo de las ciencias formales contemporáneas. Lógicas bivalentes, polivalentes, intuicionistas, o probabilísticas en lógica elemental, teorías de tipos, sistemas zermelianos o quineanos en teoría de conjuntos o lógica superior, muestran una notable variedad de caminos. Pero entonces, esta pluralidad se reflejaría en la existencia de diversas aritméticas, ya que según la lógica adoptada no serán los mismos los principios y reglas que estemos autorizados a utilizar para establecer los teoremas. E igual sucedería en el caso de los sistemas hipotético deductivos: aún partiendo desde las mismas hipótesis fundamentales se llegaría a distintas hipótesis derivadas, pues las reglas de deducción no son siempre las mismas, y, lo que es peor. tampoco se llegaría a las mismas consecuencias observacionales, de lo cual resultaría que la corroboración o refutación de una teoría puede variar según la lógica subyacente utilizada. Es decir que, según sea nuestro conocimiento lógico, será nuestro conocimiento de la realidad empírica o fáctica. lo cual en apariencia va en contra de cierta aparente independencia que debería haber entre lo lógico y lo fáctico (23)). Es realmente interesante pensar que en el caso de obtenerse una consecuencia observacional falsa a partir de hipótesis fundamentales, habría tres tipos de sospechosos que considerar. Podría pensarse que alguna hipótesis fundamental es falsa. Como ya se dijo, pudiera ser también que hubiera alguna hipótesis presupuesta falsa. Pero, y ésta es la novedad, podría pensarse que todas las hipótesis en cuestión son verdaderas pero que hemos empleado alguna regla de lógica incorrecta que nos llevó desde los principios verdaderos a consecuencias observacionales falsas. De modo que la inconsistencia interna no sería el único procedimiento mediante el cual es posible descartar un sistema de lógica; pudiera ser que nos viéramos inclinados a descartarlo por su inadecuación para ayudarnos a hacer predicciones correctas a partir de los principios científicos. Puede resultar molesto pensar así para quienes conciben el "testeo" de las consecuencias observacionales como un método con el que se controlan las principios de las teorías científicas. Ahora resulta que uno controla al propio tiempo los principios pero también la lógica usada.

No cabe duda entonces de que una regla lógica o una ley lógica, o una simple verdad lógica, pueden tener carácter hipotético. Entonces su verdad o falsedad no se conoce de por sí (la creencia apriorística en contrario quedó desmentida por la historia de la lógica y por la suerte corrida por sistemas aparentemente evidentes y "verificados"), pero es supuesta a los efectos de poder construir sistemas de lógica y, sobre todo, para poder hacer funcionar los sistemas hipotético-deductivos- Para poder completar esta idea, es necesario preguntarse si, a pesar de ser todos los sistemas deductivos de la ciencia del mismo tipo hipotético-deductivo, no existiría de cualquier manera alguna diferencia que permitiera distinguir la lógica de los sistemas empíricos, los sistemas formales de los no formales.

En primer lugar, hagamos notar que siempre nos queda la posibilidad de reservar la palabra "formal" para los sistemas axiomáticos y sintácticos, dejando la característica "fáctica" para todos los sistemas deductivos que empleen hipótesis. Entre paréntesis, es oportuno advertir que para formalizar los sistemas de lógica será necesario utilizar sistemas sintácticos y no meramente axiomáticos. Pues las reglas de transformación de expresiones ya no pueden estar prefijadas unívocamente, sino, que tienen tanta arbitrariedad como las hipótesis de la lógica que uno quiera elegir. Visto en sentido inverso, podríamos decir que si se constituye un sistema sintáctico de modo tal que una posible interpretación de sus proposiciones sea de tipo lógico, el saber si se está o no ante un modelo es cuestión de hipótesis. Puede uno suponer al hacer esa interpretación que los axiomas son válidos, y que las reglas de inferencia conservan la verdad (24)).

Pero si se persiste en decir que la distinción entre formal y fáctico debe hacerse para los sistemas hipotético deductivos, no está muy claro cómo esto puede conseguirse. O se recurre otra vez a la diferencia de tema, que ya hemos calificado de no significativa, o no se ve diferencia entre el status gnoseológico de los principios de unas u otras, según acabamos de argüir. La única diferencia que pudiera utilizarse sería la de examinar la relación jerárquica que existe entre los sistemas. Puede decirse que un sistema hipotético deductivo tiene mayor jerarquía formal que otro si éste necesita presuponer hipótesis de aquél para desarrollarse pero no viceversa. En tal sentido puede pensarse que los sistemas de lógica tienen más jerarquía formal que los de la física, pues éstos presuponen lógica pero no viceversa (25)). A este criterio puede agregarse otro: puede suceder que un sistema hipotético deductivo no posea contenido empírico, es decir, que no tenga consecuencias observacionales (de modo que todos sus teoremas serían hipótesis derivadas). Si esto ocurre, pero existe algún sistema hipotético deductivo con contenido empírico (es decir, con consecuencias observacionales) que presuponga las hipótesis del primer sistema, diremos que éste es formal, a secas. El criterio es tentador, pero —igual que el otro— encierra dificultades y obliga a ciertas precauciones. Es cierto que la lógica vendría a constituir un sistema (o conjunto de sistemas alternativos) presupuesto por todo otro sistema. Pero hay sistemas matemáticos que presuponen otros sistemas, o que obviamente presuponen lógica, y uno no los consideraría por ello menos formales. Tampoco está claro que los sistemas de lógica no tengan consecuencias observacionales (o contenido empírico); fácil es ver cómo extraer de leyes lógicas consecuencias observacionales. Cierto es que se tiene la tentación de decir que las únicas consecuencias observacionales que pueden surgir así son tautológicas, y que lo verdaderamente interesante es extraer consecuencias no tautológicas. Pero eso es un error; el carácter tautológico de los principios lógicos es meramente hipotético, y por ello también el de las consecuencias. Para medir la fuerza de este aspecto hipotético no hay más remedio que poner a prueba las consecuencias observacionales. Si ellas resultan verdaderas, las hipótesis podrán seguir manteniéndose, y se habrá corroborado (aunque nunca verificado) su carácter tautológico como también el de las consecuencias observacionales.

Consecuencia de toda esta discusión es que la distinción entre ciencia formal y ciencia fáctica no parece legítima (o, como en el punto 1)), poco significativa epistemológicamente). Si la ciencia se expresa por sistemas de proposiciones semánticamente significativas, estos sistemas serían todos hipotético-deductivos, incluidos los de la lógica y los de las matemáticas. En todos estos sistemas las proposiciones y las reglas de deducción tendrían carácter hipotético, en el sentido de suponerse que son verdaderas o que conservan la verdad —respectivamente—. Hay además proposiciones observacionales mediante las que se pone a prueba el sistema entero de rglas e hipótesis. En caso de refutación, es que hay una hipótesis o una regla que falla, y el problema es localizarla. Las "leyes lógicas" que integran un sistema de lógica, y las "reglas lógicas" que en ellas se admitan no escapan a este procedimiento de "testeo". Ello explica la multiplicidad de sistemas no equivalentes o incompatibles que existen actualmente. Si se admite que los sistemas sintácticos y axiomáticos consituyen ciencia, entonces la única distinción valedera entre ciencia formal y empírica es la que hay entre estos sistemas y los hipotético-deductivos. Los últimos constituirían la parte semántica e informativa de la ciencia. Los sistemas sintácticos son importantes en virtud de sus modelos. Transformando sus expresiones en proposiciones genuinas se metamorfosean en sistemas hipotético-deductivos. Los sistemas formales de lógica, es decir, los sistemas sintácticos de la lógica interesan porque se transforman en sistemas hipotético-deductivos de la lógica (26)).

N O T A S

1) La insistencia acerca del carácter hipotético-deductivo de las teorías fácticas es relativamente reciente y se debe, entre otros, a Duhem, Poincaré y Popper. Puede encontrarse una argumentación ya clásica en este sentido en Popper (13) y Popper (14).

2) En este trabajo "proposición" se refiere a lo que ahora es costumbre llamar "sentencia", no a una entidad abstracta o de pensamiento. Acerca de "sentencia" ver Carnap (4), pág. 235.

3) Muchos lógicos y matemáticos contemporáneos comparten esta manera de pensar (Gödel, por ejemplo) y aducen que la existencia de diversas teorías de conjuntos señala los defectos de todas ellas para asir de manera exacta las propiedades de los conjuntos. En vista de lo que aquí argumentamos, y si es cierto que las teorías de conjuntos pueden verse como sistemas hipotético-deductivos que se refieren a las propiedades de los conjuntos, no sería incompatible ésto con la existencia de sistemas alternativos para la teoría, de igual modo a lo que sucede en física, donde hay teorías alternativas para un mismo tópico.

4) Un conjunto es "real" si el símbolo que lo denota es realmente designativo; cuando es meramente un símbolo incompleto —y eliminable mediante definiciones contextuales— diremos que es virtual (naturalmente, ésta es una manera incorrecta de hablar, aunque bastante en boga; habría que clasificar así signos, no entidades, pues en el caso contrari ose tiene la paradoja de hipostatizar como existente a los conjuntos virtuales, es decir, precisamente los que no deberían existir). Ver Quine (12), pág. 218.

5) Ver Nagel (11), pág. 141 y sigs.

6) Una posición instrumentalista sería por ejemplo la de Skolem, como resultado de la conocida paradoja que lleva su nombre. Ver Fraenkel-Bar-Hillel (8), pág. 107. En cuanto a la posición de Hilbert, admitiendo por un lado el carácter ideal de los términos conjuntísticos, pero sosteniendo al propio tiempo que la verdadera parte designativa de la matemática formal está constituida por los números naturales exclusivamente, parece oscilar entre los dos puntos de vista.

7) El método axiomático es, desde los trabajos de Hilbert, el método "oficial" de la matemática contemporánea. Para ser justos, debemos reconocer que los métodos genéticos y constructivos encuentran su expresión en la edificación conjuntística de la matemática, que vendría a

constituir el otro aspecto característico de la matemática actual. Pero la teoría de conjuntos debe ella misma fundamentarse axiomáticamente, lo cual finalmente parece indicar que el primer método es el más importante.

8) Ver Morris (10), pág. 13.

9) Ver Carnap (3), pág. 16.

10) Como se trata de una decisión acerca del uso de las palabras, no hay nada que impida usar "verdad" en un sentido meramente sintáctico, como sinónimo de "demostrable sintéticamente". Así, por ejemplo, Carnap emplea en (4), pág. 168, la denominación "C-verdad". Epistemológicamente ésto no parece conveniente, crea confusiones innecesarias (pues la palabra "demostrable" ya cumple las funciones para tal noción) y no constituye una verdadera elucidación del concepto aristotélico de "verdad". Para "elucidación" ver Carnap (5), pág. 3.

11) Si por "forma de expresión" entendemos el resultado de sustituir en ella sus términos designativos por variables, una ley lógica es una forma de expresión tal que si se sustituyen sus variables por términos designativos se obtiene siempre una proposición verdadera. Una regla lógica es una sucesión de tales formas que tiene la siguiente propiedad: si se sustituyen las variables por términos designativos, y si todas las proposiciones que se obtienen menos la última son verdaderas, la última también. Pero, para garantizar que las sustituciones no llevan a disparates, es necesario que el dominio de las variables coincida con una categoría semántica, de modo que no aparezcan relaciones donde se habla de propiedades, o propiedades donde se menciona individuos. Las reglas lógicas y gramaticales indican cómo ensamblar las categorías semánticas si se desea evitar sinsentidos. De ahí que, si en los sistemas axiomáticos se desea que el paso de los axiomas a los teoremas se haga de modo que se garantice la conservación de la verdad en toda posible interpretación, es inevitable indicar cuál es la categoría de los signos, ya que, en cierto modo, éstos se desempeñan como variables tales que cada interpretación asigna un valor, como si entonces se transformara en constante designativa. La indicación de las categorías semánticas en los signos es el único resabio "semántico" que hay en los sistemas axiomáticos, además del vocabulario lógico no designativo (conectivas, operadores, etc.) que forzosamente debe estar para permitir actual a los mecanismos lógicos. En los sistemas sintácticos estos componentes semánticos desaparecen por completo.

12) Ver Carnap (6); y Carnap (4), pág. 15.

13) "Modelo" es un vocablo que tiene acepciones diversas y aún opuestas (por ejemplo, algunos epistemólogos se inclinan por llamar modelo a lo que aquí llamamos "sistema axiomático"). La acepción que aquí se usa es la "matemática-lógica", que parece irse convirtiendo en la normal. Ver Suppes (16), pág 163.

14) Las reglas de inferencia de un sistema sintáctico son arbitrarias. Si se elige una interpretación, no podrá saberse de inmediato si se transforman en procedimientos correctos de deducción, pues no vienen asociadas a categorías ni a formas (ver nota 11)). Por consiguiente, será

necesario demostrar un "metateorema" sobre el caso, lo cual puede ser muy dificultoso.

15) Ver Russell (15), pág. 8 y siguientes.

16) Es decir, si comenzamos por distinguir los sistemas axiomáticos de los auténticos sistemas deductivos, habría que encarar luego una división de estos últimos en formales y fácticos. Como todos los sistemas deductivos son sistema semánticos, la diferencia no parecería provenir de aspectos semánticos.

17) Ver Carnap (3), pág. 22.

18) Es decir, emplearían lo que los epistemólogos denominan actualmente "términos teóricos", y que ya antes mencionamos. Las entidades que estos términos designan se denominan "entidades teóricas". Ver Nagel (11), pág. 106 y siguientes.

19) Popper, en (13), pág. 93 y sig., considera a las proposiciones observacionales tan poco seguras como a las hipótesis. Aprovechamos la oportunidad para aclarar que nuestros enunciados observacionales pueden ser proposiciones atómicas o moleculares. Algunos autores —Nagel, por ej. en (11), pág. 31 — parecen referirse solamente a las atómicas. Pero entonces tendría razón Popper al decir que de las leyes científicas no pueden deducirse enunciados observacionales salvo que otros enunciados tales se hayan empleado en las premisas. Pero los enunciados moleculares pueden "testearse" usando tablas de verdad si es que se han contrastado los atómicos, por lo cual no se ve razón alguna para no emplearlos. Además, en virtud del teorema de la deducción (ver Mendelson (9), pág. 61), si hay enunciados observacionales en las premisas pueden pasar como antecedentes de un condicional molecular que constituye la conclusión. Ver Carnap (7).

20) La exposición de Popper sobre el tema en (13) es ya clásica. Sin embargo, nótese que nada se opone a que existan sistemas hipotético deductivos para la noción de la probabilidad o para inferencias inductivas, y que ellas sean usadas como sistemas subyacentes en ciencia. En este caso la situación no sería muy diferente de la que describiremos en seguida para la lógica deductiva, y las demostraciones de Popper quizá no sean entonces muy concluyentes.

21) Pero esta manera de pensar sería inexacta en caso de ser cierto lo que finalmente afirmamos.

22) Ver Beth (2), parte VI, y los sistemas expuestos en Fraenkel-Bar-Hillel (8). Ver también Beth (1), pág. 117.

23) Dicho de otro modo, el que una proposición se deduzca lógicamente de otra no es el fundamento de su verdad, aunque es el medio para conocerla en muchos casos. La verdad de un enunciado empírico está en su concordancia con los hechos. Intrínsecamente, ésto permitiría pasarse sin lógica.

24) En realidad, los modelos de los sistemas axiomáticos serían siempre hipotético-deductivos, por lo cual sería más exacto decir que son modelos-hipotéticos (es decir que no estamos seguros de que sean modelos y sólo lo suponemos).

25) Esta manera de pensar vendría a coincidir con la idea de Gonseth de "la lógica como física del objeto cualquiera".

26) Todo lo cual tiene como consecuencia para la lógica o, mejor, para los sistemas lógicos, que valen los puntos 1) a 5) ya señalados para los sistemas hipotético-deductivos. Es decir, un sistema lógico no se acepta de una vez para siempre, no se sabe si sus principios son verdaderos, puede ser falso y en tal caso conocerse ello de manera conclusiva, puede controlarse por la experiencia y no admite justificación inductiva (y, vale la pena agregar, tampoco apriorística).

BIBLIOGRAFIA

(1) E. W. BETH. **Les Fondements Logiques des Mathematiques**. Gauthier-Villars y Nauwelaerts. París y Lovaina 1950.

(2) E. W. BETH. **The Foundations of Mathematics**. North-Holland P. C., Amsterdam 1959.

(3) R. CARNAP. **Foundations of Logic and Mathematics.** Univ. of Chicago P. Chicago 1939.

(4) R. CARNAP. **Introduction to Semantics**. Harvard U. P., 1942.

(5) R. CARNAP. **Logic Foundations of Probability**. Routledge and Kegan Paul. London 1937.

(6) R. CARNAP. **The Logical Syntax of Language**. Routledge and Kegan Paul. London 1937.

(7) R. CARNAP. **The Methodological Character of Theoretical Concepts**. En "Minnesota Studies in the Philosophy of Science", ed. por Feigl y Scriven. Univ. of Minnesota, 1956. Volumen 1.

(8) A. A. FRANKEL Y. BAR-HILLEL. **Foundations of Set Theory.** North-Holland P. C., 1958.

(9) E. MENDELSON. **Introduction to Mathematical Logic**. Van Nostrand C., 1964.

(10) CH. W. MORRIS. **Foundations of the Theory of Signs**. Univ. of Chicago P. Chicago, 1938.

(11) E. NAGEL. **The Structure of Science.** Harcourt, Brace & World, Inc. 1961.

(12) W. QUINE. **O Sentido da Nova Lógica**. Martins, Sao Pablo, 1944.

(13) K. POPPER. **The logic of Scientific Discovery**. Hutchinson of London. 1959.

(14) K. POPPER. **Conjectures and Refutations.** Routledge and Kegan Paul. London 1963.

(15) B. RUSSELL. **Introduction to Mathematical Philosophy**. Mac Millan Co. 1919.

(16) P. SUPPES. **A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences.** En "The Concept and The Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences", Reidel P. Co., Dordrecht, Holland 1961.

Instituto de Lógica
y Filosofía de las Ciencias
Calle 46 – Nº 530 – La Plata

Instituto Nacional para el Mejoramiento
de la Enseñanza de las Ciencias
Avda. Madero 235 – Buenos Aires

Artes Gráficas
B. U. Chiesino S. A.