

Esther Díaz
(editora)

LA POSCIENCIA

**EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO
EN LAS POSTRIMERÍAS
DE LA MODERNIDAD**

Susana de Luque

Esther Díaz

Mónica Giardina

Antonio Gutiérrez

María Cristina Gracia

Eduardo Laso

Enrique Moralejo

Rubén H. Pardo

Silvia Rivera

Juan Samaja

Editorial Biblos

167.1 Díaz, Esther
DIA La posciencia : el conocimiento científico en las
 postrimerías de la modernidad. - 1ª ed. -
 Buenos Aires : Biblos, 2000. 407 p.; 23x16 cm.

ISBN 950-786-243-9

I. Título - I. Epistemología

Diseño de tapa: *Horacio Ossani*

Ilustración de tapa: fotograma de la película *Cóndor Cruz* (2000), dirigida por Pablo Holcer, Juan Pablo Buscarini y Swan Glecer (Patagonik Films Group S.A.)

Armado: *Hernán Díaz*

Coordinación: *Mónica Urrestarazu*

© Editorial Biblos, 2000

Pasaje José M. Giuffra 318, 1064 Buenos Aires

editorial_biblos@ciudad.com.ar / www.editorialbiblos.com

Hecho el depósito que dispone la Ley 11.723

Impreso en la Argentina

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en forma alguna, ni tampoco por medio alguno, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico de grabación o de fotocopia, sin la previa autorización escrita por parte de la editorial.

**Este libro se terminó de imprimir
en Indugraf s.a. en el mes de
julio de 2000.**

LAS CIENCIAS FORMALES EN LA ERA POSMODERNA*

Silvia Rivera

¿Son las proposiciones de la matemática y la lógica proposiciones antropológicas, que dicen cómo inferimos y calculamos nosotros, los hombres?

L. WITTGENSTEIN, *Observaciones sobre los fundamentos de la matemática*

Hablar de “ciencias formales” implica aceptar un determinado criterio de clasificación de las ciencias. La clasificación habitual construye este criterio tomando como referencia principal el objeto estudiado en cada caso. En este sentido las ciencias formales se caracterizan por estudiar entes “ideales” que, por no ubicarse en un espacio y tiempo dados, parecen escapar a los condicionamientos históricos. Se trata concretamente de la lógica y las matemáticas, que se constituyen como ciencias en la Grecia clásica. El modelo platónico imperante en la época establece una gradación jerárquica de la realidad, que ubica en el nivel más alto a las formas o esencias. Entre los supuestos de este modelo se encuentra una fuerte valoración de la estabilidad y permanencia, que por contraposición conduce a un progresivo desprecio del mundo físico, constantemente amenazado por el devenir y el caos.

Frente a la contingencia de los hechos empíricos se destaca la fijeza e inmutabilidad de las formas –números, relaciones, ideas– que van a erigirse en arquetipo y modelo de toda experiencia posible, considerada en su aspecto estructural. La lógica y las matemáticas estudian estas relaciones estructurales aspirando alcanzar en este proceso el máximo grado de exactitud y necesidad que pueda contener un saber humano.

* Parte de este artículo fue publicado en S. Rivera, “Lógica y lenguaje”, en E. Díaz (ed.), *Metodología de las ciencias sociales*, Buenos Aires, Biblos, 1997.

La exactitud y necesidad de las proposiciones lógicas y matemáticas depende entonces de las señaladas características de su objeto de estudio, pero también del método utilizado: la demostración deductiva a partir de principios evidentes llamados "axiomas".¹

La naturaleza del razonamiento deductivo garantiza que, de seguir correctamente sus pasos, la verdad de los axiomas se extienda a todas las proposiciones derivadas de ellos. Esto le permite a matemáticos y lógicos llegar a conclusiones que se pretenden indudables e irrefutables. Y les permite también diferenciarse de los científicos que trabajan en el ámbito de las ciencias fácticas. En primer término, porque el objeto de estudio que estos últimos manejan –hechos naturales y sociales– no es inmutable y perfecto. En segundo término, porque el punto de partida de sus razonamientos son hipótesis provisionales y tentativas, que se verifican a través de una pluralidad de métodos que en todos los casos combinan en grado diverso razonamientos lógicos –válidos e inválidos–² y experimentación. Sus conclusiones, lejos de ser necesarias, se encuentran siempre sujetas a procesos de revisión y crítica.

El prestigio de las ciencias formales, presente ya en su comienzo griego, se consolida luego en la modernidad. El notable desarrollo de la ciencia experimental que caracteriza a este periodo histórico no cuestiona sino que fortalece los supuestos y los valores presentes en la tradicional clasificación de las ciencias. Porque la experimentación se muestra insuficiente para garantizar por sí misma la objetividad de los resultados a los que llegan los científicos naturales. El logro de la objetividad necesita la justificación lógica de esos resultados, y también su expresión matemática. Sólo de este modo podrán ser presentados como leyes

1. En este punto el proceso deductivo que caracteriza a los sistemas axiomáticos se diferencia del tipo de deducción que utilizamos en el ámbito de nuestra vida cotidiana, y que se conoce como *deducción natural*. La deducción natural se apoya en diferentes reglas de inferencia, que se asemejan a nuestro uso habitual de las partículas lógicas y se ponen en marcha a partir de supuestos que se encuentran anclados entre las creencias comunes o "sentido común de un grupo", pero sin que se dedique a estos supuestos una atención especial. Es decir que en este caso la deducción parte de proposiciones que son aceptadas irreflexivamente por pertenecer a nuestro patrimonio cultural. Sin embargo, en el ámbito de la ciencia es importante someter a un control lógico riguroso las premisas o hipótesis que se utilizan como punto de partida. Esto se logra eligiendo, en función de la aceptación de un determinado criterio de racionalidad, algunos enunciados como punto de partida, a los que se llama *axiomas*, y que son los principios indemostrables de toda secuencia deductiva.

2. Los razonamientos inválidos son aquellos en los que la verdad de las premisas no garantiza la verdad de la conclusión. Entre los razonamientos inválidos encontramos los razonamientos inductivos y los analógicos.

universales con reconocida capacidad de explicación y amplio poder predictivo.

Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos de quienes en las últimas décadas han decidido atrincherarse en defensa de la concepción tradicional de la razón, es indudable que el resquebrajamiento del proyecto moderno afecta de un modo especial a las ciencias formales. Por eso, ya instalados en el horizonte posmoderno y consecuentes con su modalidad específica de trabajo intelectual, se impone una tarea de reformulación de las características propias de la necesidad lógica y matemática. Este horizonte se halla atravesado por la extendida conciencia de los límites presentes en todas las empresas humanas, que nos enfrenta con la experiencia de una contingencia radical. La pregunta es entonces cómo fundamentar la inexorabilidad de las ciencias formales una vez que las verdades autoevidentes, los imperativos universales y las certezas absolutas se han desmoronado bajo el martillo de la deconstrucción posmoderna.

Para esta pregunta no hay respuesta, a no ser que estemos dispuestos a modificar sustancialmente la modalidad de ese proceso que llamamos "fundamentación". Sólo reconociendo que en este nuevo horizonte la pretensión de una fundamentación teórica y última es imposible podremos dirigir nuestro trabajo hacia la invención de nuevas modalidades de justificación de los conocimientos. Justificaciones que no serán ya ni teóricas ni últimas, sino provisionales y prácticas. Y si reorientamos nuestra mirada en este sentido, dirigiéndola hacia los múltiples mecanismos a través de los cuales los hombres construyen eso que en cada caso llaman "realidad", veremos la importante función que en esta construcción tiene la rigidez de las reglas lógicas y matemáticas. Porque la inexorabilidad de estas reglas posibilita la existencia del consenso básico necesario para el desarrollo de la comunicación en general, es decir, de todo tipo de intercambio significativo entre los hombres.

1. LOS COMIENZOS GRIEGOS DE LAS CIENCIAS FORMALES

Los primeros intentos de elaborar sistemas axiomáticos se remontan a Aristóteles y Euclides. En *Elementos*, Euclides sistematiza los principales descubrimientos geométricos de sus predecesores. Porque en un sentido amplio del término –como conocimiento práctico que utiliza números y figuras geométricas– las matemáticas son anteriores a la obra de los griegos clásicos. En este sentido amplio las matemáticas

incluyen las contribuciones de muchas civilizaciones pasadas, entre las que se destacan la egipcia y la babilonia. Pero lo que se maneja en estos casos no es un saber teórico sistemático que procede siguiendo los pasos de una metodología rigurosa sino una serie de reglas simples y desconectadas a las que se llega por tanteo, experimentación y observación. Estas reglas permiten a las personas resolver problemas de la vida diaria: calendario, agricultura y comercio.

Por el contrario, el objetivo de los griegos es presentar las matemáticas como un cuerpo fijo de verdades. En este sentido debe entenderse el trabajo de Euclides, que excede el plano de la sistematización de descubrimientos anteriores y se orienta hacia la invención de la geometría como ciencia. Esto lo consigue presentando la geometría como un sistema deductivo en el cual todos los enunciados se derivan necesariamente de una serie reducida de supuestos básicos o axiomas. Para la concepción clásica, la elección de los axiomas no es arbitraria; se imponen porque se trata de verdades necesarias, evidentes y absolutas. Su evidencia hace innecesaria su demostración, en tanto su carácter absoluto los coloca al margen de toda contingencia histórica. De aquí surge esa necesidad que se extiende –a través de la deducción– a todo el sistema que se deriva de ellos.

Durante muchos siglos se pensó en la geometría de Euclides como la única posible, y además capaz de dar cuenta de las propiedades del espacio real. Pero a fines del siglo XIX, con el desarrollo de geometrías alternativas, se pone de manifiesto que es posible construir sistemas deductivos lógicamente coherentes –es decir, no contradictorios–, partiendo de axiomas diversos. Esto lleva a cuestionar el carácter verdadero y evidente de los axiomas, que empiezan a ser considerados como puntos de partida convencionales del encadenamiento deductivo. Esta modificación en la concepción de los axiomas, junto con el progreso de la formalización –que nos enfrenta con fórmulas compuestas por símbolos y que, en tanto no hacen referencia a objetos, no pueden ser ni verdaderas ni falsas– aproxima cada vez más la estructura de los sistemas axiomáticos a la de los juegos, en tanto los desvincula de todo compromiso ontológico.³

Sin embargo, esta creciente disposición a una revisión crítica de la naturaleza y de las características de los axiomas no se extiende en principio a los pasos del razonamiento deductivo. Es decir que, aun en caso de aceptar la citada comparación con los juegos, las reglas que

3. "Ontología" hace referencia a una parte de la filosofía que, a partir de la hipótesis de la existencia de un mundo de entes (cosas), los estudia en su aspecto más general.

estructuran los razonamientos no son cuestionadas y se constituyen en el reducto último de la necesidad en su aspecto formal.

Precisamente es Aristóteles quien por primera vez clasifica y caracteriza las diferentes formas de razonamiento. Y a lo largo de este proceso otorga a la lógica su acta de nacimiento como disciplina autónoma y específica.⁴ Al igual que Euclides, lo logra recopilando y sistematizando las reflexiones presentes en los pensadores que lo antecedieron, acerca de los principios formales que articulan el pensamiento, el lenguaje y la realidad. Pero como entre sus supuestos se encuentra el de la existencia de una correspondencia entre estos órdenes, la lógica es considerada por Aristóteles un *organon* o instrumento adecuado para acceder a la estructura del mundo y por lo tanto imprescindible en el desarrollo de las diferentes investigaciones científicas.

En un primer momento la lógica se presenta, pues, como el estudio de los razonamientos. Entre los diferentes tipos de razonamiento se destaca el señalado razonamiento deductivo que, aunque puede adoptar formas diversas, se caracteriza porque en todas ellas la verdad de las premisas garantiza la verdad de la conclusión. Pero lo importante es analizar los motivos que están en la base del interés de los griegos por los razonamientos. Este análisis nos remite a las particulares prácticas sociales que se articulan en esa época y nos permite entender por qué es en ese dispositivo histórico donde se sientan las bases de las diferentes ciencias en las que hasta hoy se clasifica nuestro conocimiento: la lógica, la matemática, la física, la medicina y la historia, entre otras. El nacimiento de estas ciencias es el resultado de un proceso que se había iniciado un par de siglos antes, alrededor del VIII antes de Cristo, y que conduce desde el mito hasta el logos.

Entre las múltiples acepciones del término 'logos' se destaca aquella que lo presenta como discurso, es decir, como un tipo de palabra articulada de acuerdo con principios racionales. En este sentido se contrapone a "mito". Por "mito" también debemos entender "palabra", pero una palabra mágico-religiosa, que es solidaria de estructuras de pensamiento diferentes y específicas, tales como la de totalidad, completitud o identidad de los contrarios. Esta palabra se inserta en un mundo muy

4. La palabra 'lógica' deriva del vocablo griego *logos*. Entre sus numerosas traducciones se destacan entre otras "palabra", "discurso", "pensamiento", "razón". También se agregan a estos significados básicos el de "principio" o "ley". El verbo *legein* se traduce por "decir", "hablar", pero se trata de un decir significativo. Es por esto que se ha indicado que el sentido primario de *legein* es "reunir", "ordenar", unir las palabras de modo tal que se obtenga la razón o el sentido de lo dicho. *Logos* indica, así, específicamente, esos principios o criterios de orden que otorgan inteligibilidad al discurso y también al pensamiento.

peculiar. El mundo mítico es un mundo atravesado por sorprendentes continuidades, a punto tal que los dioses no se diferencian de los fenómenos físicos, las palabras se identifican con las cosas representadas por ellas y los hombres, con la naturaleza misma. Un ejemplo de esto lo encontramos en la magia, donde es posible incidir activamente en las condiciones de vida de una persona operando con su nombre. También se aprecia en la completa divinización de la naturaleza y en la disolución de la identidad e individualidad de los hombres en la especie, que caracteriza al universo mítico. Además, en el mito la verdad de una afirmación se sustenta en la autoridad de quien la profiere. En el caso de algunos personajes privilegiados o “maestros de la verdad” –el rey, el adivino y el poeta– su palabra era verdadera en virtud del poder que detentaban dentro del grupo, sin importar en absoluto que sus sentencias respetaran los principios de derivación lógica o de correspondencia con la realidad, a partir de los cuales nuestra cultura examina hoy los conocimientos para decidir acerca de su sentido y verdad.

El ser humano vivió muchísimo tiempo inmerso en este mundo mítico. Sin embargo, a partir del siglo VIII antes de Cristo, y en relación con las importantes transformaciones económicas, sociales y políticas que en esa época se desencadenan en el Peloponeso, comienza a perfilarse un tipo de palabra diferente. Se trata de la palabra lógico-racional, estructurada sobre la base de principios tales como el de identidad, no contradicción y tercero excluido, que otorgan unidad y coherencia al discurso y al pensamiento. Cabe destacar que este orden no sólo alcanza a la palabra y al pensamiento sino que se extiende también al mundo. Es por esto que nuestro mundo parece tener una estructura lógica, y de hecho la tiene, porque los instrumentos a través de los cuales lo aprehendemos confieren su fisonomía específica a la realidad en la que nos insertamos.

Este proceso de desacralización de la palabra modifica por completo la concepción de la verdad que se maneja, que se desplaza desde el criterio de autoridad hacia la búsqueda del consenso por medio de la utilización de argumentos convincentes. Estos argumentos se forman a partir de encadenamientos de proposiciones enlazadas de formas diversas. A pesar de la infinita cantidad de proposiciones que pueden formarse en las distintas lenguas históricas, es posible reconocer tipos básicos de enlace que son comunes a todas ellas. Estos tipos de enlace nos permiten fundamentar la verdad de algunas proposiciones en la verdad de otras que nos parecen evidentes, sea porque las captamos por observación directa, porque no podemos hallar otras que les sirvan de fundamento o porque pertenecen al fondo de supuestos compartidos que conforman el sentido común de un grupo: “El sonido que escucho es

agudo”, “todo objeto es igual a sí mismo” o también “la ciencia cambia porque progresa”. Es importante tener en cuenta que no siempre es posible establecer una nítida distinción entre las proposiciones cuya verdad se fundamenta en otras y aquellas que sirven de fundamento. De hecho, ocurre que muchas veces la observación directa es engañosa, y también que las proposiciones que expresan los supuestos compartidos por un grupo cambian de una cultura a otra.

De todos modos, lo que aquí nos interesa es destacar la absoluta necesidad de fundamentar lo que nosotros creemos o cuestionamos. Esta necesidad se impone como consecuencia de la citada transformación en la forma de entender la palabra y la verdad que se impone definitivamente en Atenas en el siglo V antes de Cristo. Todo el desarrollo del conocimiento occidental se inscribe en este proceso de desacralización de la palabra. Sobre esta base se consolidan las prácticas de fundamentación y justificación –en el sentido de “dar razón” de nuestras afirmaciones– que caracterizan nuestro modo de pensar y argumentar. Y también se consolidan las ciencias que van a estudiar estas prácticas. Pero este estudio se realiza desde una perspectiva muy particular, marcada fuertemente por los valores dominantes en el imaginario social de la época.⁵ Esta perspectiva define y despliega su objeto de estudio abstrayendo de él todo aquello que nos indica que es el resultado de una construcción social. Abstrae, pues, lo empírico, lo histórico, lo material, al tiempo que enfatiza lo inmutable, estructural y formal.

En este capítulo se presentan los contenidos mínimos de la lógica –sus estructuras fundamentales– desde el interior de su discurso, es decir, tal como los lógicos lo presentaron. Esto es necesario, entre otras cosas, para comprender la función que esta ciencia cumple en la articulación de las diferentes etapas del conocimiento científico. Sin embargo, sugeriremos luego otro punto de vista posible, acorde con la mirada deconstructiva y pragmática de la posmodernidad. Punto de vista que se resume muy bien en una reflexión del filósofo austriaco Ludwig Wittgenstein, quien se pregunta y nos pregunta por qué no leer los textos básicos de las ciencias formales como textos de antropología.⁶

5. El concepto “imaginario social” hace referencia a las ideas que en cada sociedad operan como reguladoras de conductas. Esas ideas, valores y apreciaciones se constituyen desde los discursos y prácticas sociales, es decir, desde los dispositivos de saber-poder.

6. Véase L. Wittgenstein, *Observaciones a los fundamentos de la matemática*, Madrid, Alianza, 1978, Parte III, parágrafo 65.

2. EL CARÁCTER FORMAL DE LA LÓGICA

Todo el tiempo, tanto en el ámbito de nuestra vida cotidiana como en prácticas más especializadas como el derecho, la química o la matemática, suponemos que ciertas proposiciones son verdaderas y probamos, a través de mecanismos de inferencia o derivación, que otras son, a su vez, verdaderas demostrando que se siguen necesariamente de las primeras. Estos mecanismos pueden ser correctos o incorrectos, y a la lógica compete establecer esta distinción.

Analicemos el siguiente ejemplo que nos proponen en su libro M. Cohen y E. Nagel.⁷ Consideremos la siguiente proposición: “Hay por lo menos dos personas en la ciudad de Nueva York que tienen el mismo número de cabellos en la cabeza”, a la que designaremos con el símbolo “q”. ¿Cómo podría demostrarse su verdad? Un método directo sería el de corroboración empírica que supone buscar y hallar dos individuos que tengan realmente el mismo número de cabellos. El problema es que no es ésta una tarea sencilla, puesto que supone el examen minucioso del cuero cabelludo de por lo menos seis millones de personas. Pero también podemos demostrar que la proposición “q” se desprende con necesidad de otras cuya verdad es posible establecer con mayor facilidad. Examinemos la proposición “Hay cinco mil peluquerías en la ciudad de Nueva York”. ¿Es ésta una proposición relevante para establecer la verdad de “q”? Obviamente no lo es, pues el dato sobre el número de peluquerías, aun siendo verdadero, no resulta un elemento de juicio satisfactorio para establecer la verdad de “q”.

Consideremos ahora esta otra proposición: “El número de habitantes de la ciudad de Nueva York es mayor que el número de cabellos que tiene en la cabeza uno cualquiera de sus habitantes”, a la que simbolizaremos con “p”. Para facilitar la tarea de análisis de esta proposición utilizaremos cifras pequeñas a los fines de la ejemplificación. “Supongamos”, proponen Cohen y Nagel, “que el número mayor de cabellos que tiene cualquier habitante de la ciudad de Nueva York sea cincuenta, y que haya en ella cincuenta y un habitantes ninguno de los cuales es completamente calvo. Asignemos a cada habitante un número correspondiente a su número de cabellos: la primera persona tendrá un cabello, la segunda dos, etc. hasta llegar a la quincuagésima persona, que tendrá, a lo sumo, cincuenta cabellos. Queda un habitante y como hemos supuesto que ninguno tiene más de cincuenta cabellos, éste debe por fuerza poseer un número de cabellos igual al de uno de sus conciuda-

7. *Introducción a la lógica y al método científico*, Buenos Aires, Amorrortu, 1990, pp. 16 y 17.

danos".⁸ Si nos detenemos un minuto en este razonamiento advertiremos, sin lugar a dudas, que se trata de un razonamiento absolutamente general que no depende del número de cabellos y habitantes elegidos sino de la forma en la que se articulan y derivan proposiciones.

Precisamente es la "lógica" la disciplina encargada de estudiar los principios que permiten establecer la distinción entre los mecanismos correctos y los incorrectos de derivación de proposiciones.⁹ Ahora bien, estos principios no pueden depender de los contenidos o significados ocasionales de los signos lingüísticos que utilizamos, pues en su búsqueda de necesidad, universalidad y rigor absoluto, la lógica deja de lado las contingencias de las lenguas históricas. Por el contrario, deberá atenerse a la estructura invariante que atraviesa nuestros razonamientos. Esta estructura se torna manifiesta cuando reemplazamos los contenidos materiales de nuestras sentencias por ciertos símbolos denominados "variables", de modo semejante a como en el álgebra se reemplazan los números por letras que mantienen la regla de la ecuación, independientemente de los casos concretos en los que se efectiviza. Si retomamos nuestro ejemplo anterior podemos afirmar que si es el caso que "el número de habitantes de la ciudad de Nueva York es mayor que el número de cabellos que tiene en la cabeza uno cualquiera de sus habitantes" ("p"), entonces es el caso que "hay por lo menos dos personas en la ciudad de Nueva York que tienen el mismo número de cabellos en la cabeza" ("q"). Y "p" es verdadera, entonces "q" también lo es. Expresado en símbolos tenemos la siguiente forma de razonamiento: Si "p" entonces "q", y "p", entonces "q".¹⁰

La lógica se presenta como una ciencia formal. Esto significa que, dejando de lado el significado o contenido de nuestras afirmaciones, focaliza su atención en el esquema o esqueleto que las ordena y estructura. Queda claro, entonces, que la verdad de las proposiciones de las que parten nuestras argumentaciones no es algo relevante. Lo que sí es relevante es la conexión necesaria o relación de implicación¹¹ entre las

8. Ídem, p. 17.

9. A estos principios o "reglas" les conferimos validez universal con el objetivo de que garanticen el acuerdo mínimo necesario para que los hombres coincidan en la estructura formal de su razonamiento.

10. El esquema obtenido en este caso corresponde a la forma lógica de un tipo de argumento denominado *modus ponens*.

11. Inferimos válidamente una proposición de otra sólo si hay una relación objetiva de implicación entre la primera y la segunda. A partir de aquí es posible distinguir la *inferencia*, que es un proceso o actividad que tiene un desarrollo en el tiempo y que ocurre en la mente de un sujeto, de la *implicación*, considerada como una relación objetiva entre proposiciones.

proposiciones, independientemente de su valor de verdad. En nuestro ejemplo, y aun suponiendo que la proposición "p" –que nos informa acerca de la relación entre el número de habitantes de la ciudad de Nueva York y el número de cabellos de sus cabezas– fuera de hecho falsa, la lógica destaca la relación necesaria entre esta proposición y otras tales como "q" con las que mantiene una relación lógica de implicación. La forma de esta relación se manifiesta tan pronto como abstraemos el contenido empírico a partir del citado proceso de simbolización.

3. EL OBJETO DE ESTUDIO DE LA LÓGICA

Está claro ya por qué la lógica es una ciencia formal. Pero resta todavía establecer con mayor precisión cuál es su objeto de estudio específico. Presentamos la lógica como el estudio de las relaciones necesarias de implicación entre proposiciones, que condicionan la validez de las inferencias o procesos de derivación, sobre las que se articulan nuestros razonamientos. Ahora bien, es fácil advertir que, en esta primera aproximación, se entrecruzan dos planos de objetos diferentes: el plano del lenguaje y el del pensamiento. ¿Se ocupa, entonces, la lógica de nuestros procesos de pensamiento o de los signos de nuestro lenguaje?

Ante todo debemos separar con claridad la lógica tanto de la psicología como de las diferentes ramas de la lingüística. En primer lugar, la diferencia que establece la lógica entre mecanismos correctos e incorrectos de derivación de proposiciones no pone el acento en los procesos subjetivos que se producen en la mente de un sujeto y que acompañan las inferencias sino en las relaciones necesarias de implicación entre proposiciones que se suponen en la base de las inferencias. Si bien la lógica es un producto histórico que recopila y sistematiza los principios de nuestras prácticas concretas de deducción y fundamentación, restringe su atención a los resultados obtenidos, a los que se otorga un status peculiar. Su peculiaridad consiste en que estos resultados se independizan, ubicándose en un espacio de "idealidad" que los pone al margen de toda contingencia empírica. El objeto de estudio de la lógica se ubica fuera del tiempo y del espacio, invistiéndose con las propiedades de perfección e inmutabilidad. Pensemos en la matemática –otra ciencia formal– cuyo objeto de estudio –los números, las figuras geométricas– es por completo independiente tanto de los procesos a través de los cuales los aprehendemos como de los objetos físicos a partir de los

cuales los representamos. El hecho de que "la suma de los ángulos interiores de un triángulo sea igual a dos rectos", que interesa al matemático, es por completo independiente de nuestros mecanismos subjetivos de aprendizaje y también de nuestras mediciones de los ángulos de los diferentes objetos triangulares que podemos construir o encontrar a nuestro alrededor.

Pero si bien es posible deslindar la lógica del estudio de fenómenos psicológicos o procesos subjetivos, esto no resulta así en el caso del lenguaje. Porque los principios "lógicos" que organizan y estructuran nuestro pensamiento son, sin lugar a dudas, de carácter lingüístico. De ahí que el análisis lógico sea también, en cierto modo, análisis lingüístico.

Pero si bien es cierto que la lógica se ocupa del lenguaje, lo hace de un modo especial y propio que la distingue nitidamente de otras disciplinas que tienen al lenguaje como objeto de estudio. Por lo tanto, y en segundo lugar, la lógica no debe confundirse con ninguna de las partes de la lingüística. Porque la lingüística, o en general las distintas ciencias del lenguaje, son ciencias empíricas descriptivas que estudian de modo sistemático la forma como distintos pueblos utilizan las palabras. La lógica, por su parte, se ocupa de la estructura básica y universal de todo lenguaje, atendiendo con exclusividad a sus aspectos formales, que se relacionan directamente con los aspectos formales de nuestro pensamiento.

Precisamente es en virtud de su carácter formal que la lógica pretende ser una ciencia universal, tan rigurosa como la matemática, capaz de realizar operaciones y cálculos de modo exacto. Esto requiere la confección de un *lenguaje artificial*, a diferencia del *lenguaje natural u ordinario*, siempre relativo a una comunidad histórica, sembrado inevitablemente de redundancias, vaguedades y ambigüedades. En cierta forma toda ciencia recurre al empleo de un lenguaje artificial del que forman parte los términos técnicos de cada una. Pero en el caso de la matemática y la lógica, el lenguaje artificial requerido es *formal o simbólico*. Un lenguaje de esta índole implica dos cuestiones. La primera es el uso de símbolos abstractos, que se dividen en dos grandes categorías: *símbolos constantes*, que son aquellos que tienen un sentido fijo dentro del lenguaje en cuestión, como por ejemplo "=" y "+" en aritmética por una parte, y *símbolos variables*, por la otra, cuyo sentido cambia según el contexto en el que se utilicen, como sucede, por ejemplo con las letras "x" e "y" en las ecuaciones matemáticas. La segunda es la existencia de *reglas explícitas* que establezcan el uso de los términos y la formación y transformación de fórmulas y enunciados.

Es necesario aclarar que de algún modo todos los lenguajes, en tanto

se estructuran como sistemas reglamentados de signos,¹² pueden considerarse sistemas simbólicos. Pero la lógica se presenta a sí misma como un simbolismo perfecto que reduce, y hasta aniquila, las inevitables desprolijidades del intercambio lingüístico cotidiano, en el marco de las diferentes comunidades históricas. A pesar de esta pretensión, la lógica no puede prescindir por completo de la referencia a las lenguas naturales, referencia que no se dirige a la particularidad de sus significados sino a la estructura o andamiaje común a todas ellas.

4. LAS ESTRUCTURAS LÓGICAS FUNDAMENTALES

4.1. *Términos y proposiciones*

Allá en los comienzos griegos, Aristóteles concibe la lógica como una lógica de términos. El término es la estructura lógica más elemental. Formado por uno o más signos, se utiliza para nombrar o designar algo. Es necesario diferenciar el término de los signos que le sirven como medio de expresión. Esta distinción nos permite reconocer que, en primer lugar, distintas palabras pueden expresar un mismo término. Por ejemplo: 'red', 'rouge', 'rojo'. En segundo lugar, ocurre muchas veces que un mismo signo o palabra expresa términos diferentes. Pensemos, por ejemplo en la palabra 'vela' que significa tanto la acción de cuidar el sueño o el reposo de alguien, el cilindro de cera que utilizamos para iluminarnos y los lienzos que impulsan a algunas embarcaciones. Por último, ocurre también que un término se expresa a través de varias palabras. Éste no sólo es el caso de los nombres compuestos, por ejemplo 'Mercurio' o 'José Hernández', sino también el de las llamadas descripciones, por ejemplo, "El planeta que está más cerca del sol" o "el autor del *Martín Fierro*".

Los términos son, para Aristóteles, las unidades mínimas e irreducibles del análisis lógico. Desde esta perspectiva, los términos se dividen en *términos lógicos* o *constantes lógicas* que sólo tienen significación en el contexto de la estructura lógica que integran –'todos', 'algunos', 'ningún'– y los *términos no-lógicos* o *variables lógicas* que tienen significa-

12. Algunos autores utilizan la palabra 'símbolo' como sinónimo de 'signo'. Sin embargo, lo más frecuente es utilizar la palabra 'símbolo' para referirse a una clase especial de signo. Concretamente 'símbolo' alude a aquellos signos convencionales de carácter social. Un ejemplo de esto es la paloma como símbolo de la paz.

ción independiente dentro de un lenguaje. Además pueden ser sustituidos por otros de la misma categoría lógica o gramatical, sin que varíe por ello la estructura lógica de la que forman parte. Integran este grupo los nombres propios, los sustantivos comunes y los adjetivos.

Por su parte, las proposiciones son estructuras lógicas más complejas, integradas por términos, tienen un sentido completo y pueden ser verdaderas o falsas. Es importante no confundir “proposición” con “oración”. La oración es el vehículo para expresar una proposición, de modo tal que diferentes oraciones pueden expresar una misma proposición, por ejemplo “Todos los hombres son mortales” y “Si un individuo cualquiera es hombre, entonces es mortal”. O también “Il pleut” y “Llueve”. En rigor de verdad, no todas las oraciones sirven para expresar proposiciones. Sólo lo hacen las oraciones declarativas, que corresponden al uso informativo del lenguaje. Sólo de estas oraciones es posible predicar verdad y falsedad. Una proposición será verdadera si la información que transmite corresponde o concuerda con los hechos del mundo que describe, y será falsa si no existe tal concordancia o correspondencia. Este modo de entender la verdad como correlación o adecuación entre las proposiciones del lenguaje y los hechos del mundo se denomina “concepción semántica de la verdad”. Queda claro que, en tanto un término no afirma ni niega estado de cosas alguno, no puede ser ni verdadero ni falso. Sólo podemos hablar de “corrección” o “incorrección” en la aplicación de un término.

La lógica aristotélica reduce todas las proposiciones a la forma predicativa básica: “S es P”. Si aplicamos el proceso de abstracción a la proposición “Todos los hombres son mortales”, reemplazando los *términos no lógicos* por símbolos variables –en este caso variables de términos–, obtenemos la forma lógica “Todo S es P”.¹³ Por su parte, la forma lógica de “Ningún molusco es vertebrado” es “Ningún S es P”.

Durante muchos siglos se creyó que la lógica aristotélica era, sin más, la lógica. Las contribuciones de filósofos posteriores, entre ellos los

13. El proceso de *abstracción* se efectiviza a través del reemplazo de los términos no-lógicos por variables o símbolos elegidos para indicarlos, de modo tal que se obtiene un esqueleto o estructura de un alto grado de generalización, en el que se prescinde de todo contenido intuitivo o descriptivo. Esta estructura es la *forma lógica*. La abstracción, en tanto nos acerca la forma lógica, supone una generalización. Por el contrario, el proceso de interpretación consiste en la sustitución de las variables por términos descriptivos de la misma categoría semántica. Toda interpretación consiste en una particularización. Una misma forma lógica, por ejemplo “Todo S es P”, es pasible de ejemplos de sustitución diferentes e innumerables. Algunos ejemplos de interpretación son “Todos los hombres son mortales”, “Todos los perros son mamíferos”, “Todos los cuerpos son extensos”.

estoicos y los pensadores medievales, no introdujeron ninguna modificación esencial en el sistema aristotélico, tal vez debido al gran prestigio del que gozaba Aristóteles, considerado una "autoridad" en el terreno de la especulación teórica. Este hecho contribuyó a bosquejar una imagen especial de la lógica, como una ciencia acabada y completa, por ocuparse de objetos inmutables y perfectos: los principios lógicos estructurantes del pensamiento y del mundo. Esto es así a punto tal que, a fines del siglo XVIII, el filósofo alemán Immanuel Kant afirma, en el prólogo de su *Crítica de la razón pura*, que desde Aristóteles la lógica no ha dado un paso atrás, pero tampoco ninguno hacia adelante. Esto indica que se halla, desde su nacimiento, "conclusa y perfecta".¹⁴

A pesar de esta visión kantiana de la inmovilidad de la lógica, poco tiempo después, a mediados del siglo XIX, se inicia una transformación revolucionaria, que la modifica sustancialmente. Porque a pesar del prestigio y de la innegable importancia de la lógica aristotélica, no pueden desconocerse sus límites. Estos límites tienen que ver, en primer lugar, con su simbolización incompleta, que conserva términos del lenguaje natural (todos, algunos, ningún). En segundo lugar, el análisis lógico de Aristóteles mantiene una estrecha dependencia con el análisis gramatical de las lenguas naturales. Además, al reducir todas las proposiciones a la forma atributiva –única forma aceptada– caracterizada por la asignación de un predicado a un sujeto a través del verbo "ser" ("Sócrates es mortal"), impide el análisis de proposiciones más complejas. Entre estas últimas se encuentran las relacionales tales como "A es más grande que B" o también "Bernardo ama a Eloísa", de uso frecuente en matemáticas y en el lenguaje común.

Estas y otras razones impulsan una reforma que es iniciada por el inglés George Boole y el alemán Gottlob Frege, y que se orienta a una matematización de la lógica, consistente en la subordinación de la lógica al método de la matemática. Esto supone una rigurosa axiomatización y también una completa formalización, lo que permite su articulación como un sistema de cálculo.

Un momento decisivo en el desarrollo de esta nueva lógica, denomi-

14. El párrafo completo dice así: "Que la lógica ha llevado esa marcha segura [la marcha segura de una ciencia] desde los tiempos más remotos, puede colegirse por el hecho de que, desde Aristóteles, no ha tenido que dar un paso atrás, a no ser que se cuenten como correcciones la supresión de algunas sutilezas inútiles o la determinación más clara de lo expuesto, cosa empero que pertenece más a la elegancia que a la certeza de una ciencia. Notable es también en ella el que tampoco hasta hoy ha podido dar un paso adelante. Así pues, según toda apariencia, hállese conclusa y perfecta". I. Kant, *Crítica de la razón pura*, México, Losada, 1970, p. 11.

nada “lógica simbólica” o “lógica matemática”, lo constituye la publicación de los *Principia Mathematica* (1913) de Bertrand Russell y Alfred Whitehead. Esos autores intentan probar que la matemática, en especial la aritmética, es una rama o extensión de la lógica, de modo tal que todos los conceptos matemáticos deben poder derivarse de un número limitado de axiomas lógicos. Para lograrlo, deben desarrollar nuevas partes de la lógica (la lógica de las proposiciones, de la cuantificación, de las relaciones y de las clases).

Sólo nos ocuparemos en este capítulo de presentar algunos elementos de la lógica de las proposiciones o lógica proposicional. En ella las proposiciones son consideradas como los elementos indivisibles, instancias últimas del análisis.

Las proposiciones más simples que podemos construir son las *proposiciones atómicas* que describen un hecho simple. Se las simboliza con las letras “p”, “q”, “s”. Ejemplos de proposiciones atómicas son: “Llueve”, “Carlos estudia”, “Wittgenstein nació en Austria”. Son simples porque sus partes no son, a su vez, proposiciones. Las proposiciones atómicas son verdaderas o falsas si el hecho que presentan se da en la realidad.¹⁵ Por lo tanto, la cuestión de decidir acerca de la verdad y la falsedad de un enunciado atómico no es un problema de análisis lógico sino de información empírica. “Carlos estudia” es verdadera si, efectivamente, la persona a quien hace referencia el nombre “Carlos” estudia habitualmente.¹⁶

Sin embargo, la mayor parte de las proposiciones de nuestro lenguaje no son proposiciones atómicas sino moleculares, es decir, combinaciones de proposiciones a través de *conectivas lógicas*, tales como la conjunción, la negación, la disyunción y el condicional, entre otras. “Llueve y no llueve” “Carlos estudia o no estudia”, “Si Carlos estudia entonces aprueba el examen”, “Wittgenstein nació en Austria y Russell nació en Gales”, “Si llueve, iré al cine o me quedaré en casa” son proposiciones moleculares. Estos ejemplos nos permiten advertir que las proposiciones moleculares son aquellas cuyas partes sí son proposiciones, que se relacionan a través de nexos o conectivas, tales como las que se detallan a continuación:

15. La *lógica clásica* se apoya en el principio aristotélico, según el cual un enunciado es o bien verdadero o bien falso, pero no ambas cosas a la vez. Este principio recibe el nombre de *principio de bivalencia*. En nuestro siglo se ha planteado sistemáticamente el problema de su no aceptación. Esto ha dado lugar al surgimiento de las *lógicas no clásicas*.

16. Cuando un enunciado –atómico o molecular– es verdadero, se dice que tiene un valor de verdad positivo y, cuando es falso, que tiene un valor de verdad negativo. A la verdad y la falsedad de enunciado se les da, entonces, el nombre general de valor de verdad.

<i>Conectiva</i>	<i>Signo</i>	<i>Uso lingüístico</i>
conjunción	.	y
disyunción inclusiva	v	o, o lo uno o lo otro (o ambos).
disyunción exclusiva	w	o, o lo uno o lo otro (pero no ambos).
negación	-	no, no es el caso que.
condicional	\supset	si ... entonces.
bicondicional	\equiv	si y sólo si.
negación alternativa	/	es incompatible con.
negación conjunta	\downarrow	ni ... ni, ni lo uno ni lo otro.

Sobre esta base es posible representar la forma lógica de las proposiciones moleculares mencionadas antes. Para ello se reemplazan las proposiciones atómicas por variables proposicionales y los nexos por el símbolo correspondiente:

"Llueve y no llueve"	"p . -p"
"Carlos estudia o no estudia"	"p v -p"
"Si Carlos estudia entonces aprueba el examen"	"p \supset q"
"Wittgenstein nació en Austria y Russell nació en Gales"	"p . q"
"Si llueve, iré al cine o me quedaré en casa"	"p \supset (q w r)"

Es fácil observar que, a diferencia de lo que ocurría en la lógica aristotélica, en este caso asistimos a una formalización completa, que alcanza también a los términos lógicos, en este caso las conectivas o nexos señalados. Esto va a permitir que la lógica proposicional se estructure como un sistema de cálculo que permita decidir, a través de procedimientos mecánicos, el valor de verdad de las diferentes fórmulas del sistema.

Ya dijimos que, para la lógica clásica, el valor de verdad de la proposición atómica se reduce a la bipolaridad verdadero-falso. El modo de

decidir entre estas posibilidades excede el ámbito estrictamente lógico. Es necesario remitirse a la verificación empírica. Pero esto no es así en el caso de las proposiciones moleculares, porque su valor de verdad depende exclusivamente del valor de verdad de las proposiciones que la integran y que son afectadas por una determinada conectiva. Ludwig Wittgenstein, discípulo de Bertrand Russell, en su libro *Tractatus logico-philosophicus* afirma que la proposición molecular es una función de verdad de sus componentes atómicas, en tanto la proposición atómica es una función de verdad de sí misma.¹⁷ Consideremos la siguiente proposición: “Wittgenstein nació en Austria y Russell nació en Gales” de la forma “ $p \cdot q$ ”; de acuerdo con lo afirmado por Wittgenstein, su valor de verdad depende exclusivamente del valor de verdad de sus componentes. Puede ocurrir que “ p ” sea verdadera y no lo sea “ q ” o a la inversa, o tal vez que ambas sean falsas. En todos estos casos la proposición molecular “ $p \cdot q$ ” será falsa, porque lo que ella afirma es que se da tanto “ p ” como “ q ”. La ley que rige la conjunción nos dice que sólo si ambos componentes atómicos son verdaderos, es verdadera la proposición molecular correspondiente. No ocurre lo mismo con la forma proposicional “ $p \vee q$ ”,¹⁸ que afirma la existencia del hecho representado por “ p ” o la del hecho representado por “ q ”, o la de ambos. Por lo tanto, la proposición “ $p \vee q$ ” es verdadera en todas estas posibles combinaciones, con excepción de aquella en la que ambas proposiciones atómicas son falsas.

Es necesario, pues, conocer las leyes que rigen cada conectiva para entender cómo es posible determinar el valor de verdad de la proposición molecular:

- *Conjunción*: La proposición molecular conjuntiva es verdadera sólo cuando ambas proposiciones atómicas son verdaderas. En los demás casos es falsa.
- *Disyunción inclusiva*: Una proposición molecular disyuntiva inclusiva es falsa solamente cuando ambas proposiciones atómicas son falsas. En los demás casos es verdadera.
- *Disyunción exclusiva*: Una proposición molecular disyuntiva exclusiva es verdadera sólo en el caso de que uno de los componentes atómicos sea verdadero y el otro falso. Cuando sus valores son iguales, la disyunción exclusiva es falsa.
- *Condicional*: Una proposición molecular condicional es falsa sólo

17. L. Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus*, Madrid, Alianza, 1979, proposición 5.

18. Si interpretamos esta forma obtenemos, entre otros ejemplos de sustitución, la proposición “Llueve o hace frío”.

cuando el antecedente es verdadero y el consecuente es falso. En los demás casos es verdadera.

- *Bicondicional*: Una proposición molecular bicondicional es verdadera sólo cuando ambos componentes atómicos tienen el mismo valor de verdad. Si sus valores son distintos entre sí entonces es falsa.
- *Negación simple*: La negación cambia el valor de verdad de una proposición atómica o molecular. Si es verdadera la convierte en falsa, y si es falsa en verdadera.
- *Negación alternativa*: La negación alternativa entre dos proposiciones es falsa cuando ambos componentes son verdaderos. En todos los demás casos es verdadera.
- *Negación conjunta*: La negación conjunta entre dos proposiciones es verdadera sólo cuando ambos componentes son falsos. En todos los otros casos es falsa.¹⁹

Sobre esta base, Wittgenstein inventa un método mecánico de decisión que permite establecer las condiciones de verdad de una proposición molecular cubriendo todos los casos posibles de combinación de los valores de verdad de las proposiciones que la componen. Este método es conocido con el nombre de “tablas de verdad”. Retomando el ejemplo anterior “Wittgenstein nació en Austria y Russell nació en Gales”: primero, se abstrae la forma lógica de la proposición, en función de los símbolos anteriormente presentados. Segundo, se asignan valores a los componentes atómicos, de modo tal que todas las posibles combinaciones entre ellos resulten representadas.²⁰ Por último se resuelve la tabla de acuerdo con la ley de la conectiva en cuestión.

EjemPlo 1: “Wittgenstein nació en Austria y Russell nació en Gales”.

p	.	q
V	V	V
F	F	V
V	F	F
F	F	F

19. Véase María Angélica y Julio C. Colacilli de Muro, *Elementos de lógica moderna y filosofía*, Buenos Aires, Estrada, 1977, pp. 122-123.

20. Willard van Orman Quine completa el método ideado por Wittgenstein con un sistema de asignación de valores, consistente en asignar a la primera variable proposicional (p) los valores verdadero (v) y falso (f). En el caso de la segunda variable proposicional (q), estos valores se duplican, en tanto los de la primera (p) se repiten tal como se habían dado en un principio, hasta alcanzar a los de q. Se prosigue de este modo en el caso de existir otras variables, es decir, de acuerdo con una proyección geométrica.

EJEMPLO 2: "Si Carlos estudia entonces aprobará el examen"

p	\supset	q
V	V	V
F	V	V
V	F	F
F	V	F

El método de las tablas de verdad nos indica en qué casos una función veritativa es verdadera y en qué casos es falsa, de acuerdo con lo que determina la ley de cada conectiva y agotando siempre las combinaciones posibles de valores de verdad de sus componentes. Pero no es posible ir más lejos. El cálculo lógico no nos permite decidir acerca del valor de verdad de las proposiciones atómicas. Lo que se impone es un cotejo de cada una de ellas con la realidad.

Es posible encontrar, sin embargo, dos casos extremos de funciones veritativas que son siempre verdaderas o siempre falsas. Es esto lo que ocurre con " $p \vee \neg p$ ", por una parte, y " $p \wedge \neg p$ ", por la otra:

"Llueve o no llueve"

p	\vee	$\neg p$
V	V	F
F	V	V

"Llueve y no llueve"

p	\wedge	$\neg p$
V	F	F
F	F	V

La primera de estas proposiciones, " $p \vee \neg p$ ", es verdadera para todas las posibles combinaciones de verdad de sus componentes elementales, y recibe el nombre de *tautología*. La segunda, que se evidencia falsa para todos esos posibles valores, recibe el nombre de *contradicción*. Aun cuando el valor de verdad de las proposiciones atómicas que integran las funciones veritativas deba decidirse en última instancia por vía empírica, el valor de verdad, tanto de las tautologías como de las contradicciones, es independiente de la experiencia. Porque la verdad o falsedad de estas proposiciones es lógicamente necesaria.

“Llueve y no llueve”, proposición de la forma “ $p \wedge \neg p$ ”, es falsa para cualquier registro meteorológico posible. Lo que en realidad ocurre es que no dice nada acerca del tiempo. Tampoco “Llueve o no llueve”, proposición de la forma “ $p \vee \neg p$ ” (proposición indudablemente verdadera), nos proporciona información acerca del tiempo. En tanto su verdad o falsedad puede determinarse con absoluta precisión a través del análisis de los símbolos que las integran, son verdaderas o falsas independientemente de la experiencia. Cuando una proposición tiene estas características se la denomina *analítica*. Por el contrario, las proposiciones que, por informarnos acerca de hechos del mundo requieren para la determinación de su valor de verdad una confrontación empírica, se denominan proposiciones *sintéticas*.

4.2. Razonamientos

Un razonamiento es una estructura lógica compleja, formada por proposiciones, en la cual de una o más proposiciones llamadas *premisas* se obtiene otra llamada *conclusión*.

Un ejemplo de razonamiento es el siguiente:

Todos los hombres son mortales
<u>Sócrates es hombre</u>
Sócrates es mortal

(La línea indica la diferencia de nivel entre las premisas y la conclusión, esta línea debe leerse como “luego”, “entonces”, “por lo tanto”, “en consecuencia”).

Las proposiciones que integran un razonamiento pueden ser verdaderas o falsas en función de la concepción semántica de la verdad ya planteada. Sin embargo, estos predicados no pueden aplicarse al razonamiento. El razonamiento no describe hecho alguno sino que establece una relación especial entre la –o las– premisas y la conclusión. Se trata de la relación de derivación o inferencia de la conclusión a partir de las premisas, cualquiera sea su valor de verdad. Si el pasaje de las premisas a la conclusión está, por así decirlo, “justificado”, entonces diremos que el razonamiento es *válido*. En caso contrario, será *inválido*. El razonamiento es, sin lugar a dudas, la estructura lógica fundamental, en tanto se utiliza en las argumentaciones, científicas o cotidianas, para obtener conclusiones a partir de datos expresados a través de proposiciones ya dadas.

La forma de un razonamiento varía según el tipo de análisis elegido. Desde la perspectiva de la lógica de términos aristotélica, el proceso de abstracción aplicado al razonamiento presentado en el párrafo anterior nos enfrenta con la siguiente forma de razonamiento:

$$\begin{array}{l} \text{Todo S es P} \\ \text{X es S} \\ \hline \text{X es P}^{21} \end{array}$$

Por otra parte, si nos ubicamos en el marco de la lógica proposicional, el razonamiento se enuncia así:

$$\begin{array}{l} \text{Si todos los hombres son mortales, entonces Sócrates es mortal} \\ \text{Todos los hombres son mortales} \\ \hline \text{Sócrates es mortal} \end{array}$$

Aplicando las variables proposicionales que conocemos y los símbolos correspondientes a las conectivas, obtenemos la siguiente forma de razonamiento:

$$\begin{array}{l} p \supset q \\ p \\ \hline q \end{array}$$

Los razonamientos se dividen en dos clases fundamentales: los *deductivos* y los *no-deductivos*. A continuación caracterizaremos cada uno de ellos.

En los *razonamientos deductivos* la relación que se establece entre las premisas y la conclusión es una relación de *implicación lógica*. La conclusión se *deduce* lógicamente de las premisas. Esto significa que de premisas verdaderas no se puede inferir una conclusión falsa. Si nos planteamos las posibles combinaciones entre el valor de verdad de las premisas y el valor de verdad de la conclusión, obtenemos cuatro casos:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| – Premisas verdaderas | – Conclusión verdadera |
| – Premisas falsas | – Conclusión falsa |
| – Premisas falsas | – Conclusión verdadera |
| – Premisas verdaderas | – Conclusión falsa |

21. "X" es, en este caso, una variable de individuo.

El razonamiento deductivo válido excluye la última posibilidad. Si las premisas son verdaderas, la conclusión no puede ser falsa. La verdad de las premisas es garantía necesaria de la verdad de la conclusión, entre otras cosas porque la conclusión no agrega información sino que explicita algo que ya está dicho, de algún modo, en las premisas. Por ejemplo:

Juan se trasladó a Londres o Juan cambió de trabajo
No es el caso que Juan cambió de trabajo
 Por lo tanto Juan se trasladó a Londres

La validez de los razonamientos deductivos es una validez formal. Esto significa que no depende del contenido sino que es la forma de organización o estructura del razonamiento aquello que determina su validez. Por lo tanto, si establecemos la validez de una forma de razonamiento, establecemos al mismo tiempo la validez de todos los ejemplos de sustitución que pueden obtenerse a través de la interpretación de esa forma de razonamiento.

A continuación presentaremos algunas de las más importantes formas válidas de razonamientos deductivos:

<i>Modus Ponens</i>	<i>Modus Tollens</i>	<i>Silogismo hipotético</i>
$p \supset q$ p <hr/> q	$p \supset q$ $\neg q$ <hr/> $\neg p$	$p \supset q$ $q \supset r$ <hr/> $p \supset r$

Hay razonamientos claramente inválidos. Son aquellos en los que la conclusión no se deriva de las premisas ni se justifica en modo alguno en ellas. Otros, por el contrario, a pesar de su invalidez, resultan altamente persuasivos. Son éstos las *falacias*, que pueden definirse como formas de razonamiento que parecen válidas, en general por su semejanza con alguna de las formas elementales válidas presentadas, pero que se muestran inválidas cuando se las analiza cuidadosamente. Un ejemplo de razonamiento inválido es el siguiente:

Falacia de afirmación del consecuente

$p \supset q$
 q

 p

Los razonamientos deductivos se caracterizan, entre otras cosas, porque la conclusión se presenta, cuando son válidos, como absoluta-

mente *necesaria*. Esta necesidad se apoya en el aspecto formal de su validez. Pero en nuestras argumentaciones recurrimos habitualmente a otro tipo de razonamiento que, a diferencia de los anteriores, presentan a su conclusión bajo el signo de la *probabilidad*. Esto ocurre porque la forma deja de ser decisiva, y el contenido o información concreta que nos transmiten pasa a ocupar el primer plano. Se trata de los *razonamientos no deductivos*, entre los que se distinguen: 1) *razonamientos inductivos*, y 2) *los razonamientos por analogía*.

1) Los razonamientos inductivos se caracterizan porque, a partir de una cantidad variable de premisas que dan cuenta de hechos singulares dados a los que se accede por observación, se propone una conclusión universal. Se trata de una generalización que alcanza a todos los casos semejantes a los del dominio considerado por las premisas. Por ejemplo:

Razonamiento inductivo

El bronce es transmisor de la electricidad
El cobre es transmisor de la electricidad
El hierro es transmisor de la electricidad

Todos los metales son transmisores de la electricidad

Forma de razonamiento inductivo

X1 tiene la propiedad P
X2 tiene la propiedad P
X3 tiene la propiedad P
...
...

Todos los X tienen la propiedad P

Es fácil advertir que en los razonamientos inductivos la conclusión agrega información y, por lo tanto, dice más de lo que estaba dicho en las premisas. Por este motivo la verdad de las premisas no se sigue, necesariamente, de la verdad de la conclusión. La conclusión se presenta, pues, siempre como probable. Lo único que se puede hacer es tratar de aumentar, a través de medios extralógicos, el grado de probabilidad. Esto se logra mejorando la cantidad y la calidad de información que transmiten las premisas.

De todos modos, es importante tener en cuenta que, aunque verifiquemos cuidadosamente la verdad de las premisas de las que se parte, siempre es posible obtener una conclusión falsa. Porque no se trata aquí de una validez formal, como en el caso del razonamiento deductivo.

Todos los razonamientos inductivos tienen la misma forma. Lo que cuenta en ellos es el contenido informativo de las premisas y su adecuación con los hechos que representan.

2) Por su parte, los *razonamientos por analogía*, se caracterizan porque las premisas afirman la similaridad entre dos objetos o más objetos en uno o más aspectos o propiedades. Sobre esta base, concluyen su similaridad en otro aspecto o propiedad no mencionada en las premisas. Por ejemplo:

El cobre es un metal y es conductor de la electricidad
El bronce es un metal y es conductor de la electricidad
El hierro es un metal y es conductor de la electricidad
El oro es un metal y por lo tanto tiene que ser conductor de la electricidad.

Los razonamientos analógicos vinculan premisas de un cierto grado de generalidad, con una conclusión del mismo grado de generalidad. A diferencia de los razonamientos inductivos, la conclusión no aumenta la información aumentando el grado de generalidad en relación con las premisas. El aumento de información que caracteriza a la conclusión se da porque se extienden ciertas propiedades a objetos no mencionados en las premisas. Esta extensión se justifica en virtud de su similaridad con los objetos o individuos considerados en ellas.

5. TIPOS DE INFERENCIAS

Hasta ahora hemos analizado los distintos tipos de razonamiento considerándolos como estructuras autónomas y en cierto sentido independientes del proceso y las circunstancias en las que se construyen. Esta perspectiva, extendida entre los lógicos, es válida y permite una sistematización clara de los diferentes tipos de razonamientos. Pero también podemos intentar relacionar los razonamientos con las inferencias²² que les dan origen, por una parte, y con las circunstancias concretas en las que estas inferencias se ponen en juego, por la otra. Esto

22. Recordemos que por "inferencia" se entiende el proceso por el cual derivamos una conclusión a partir de determinadas premisas.

es lo que intenta Charles Sanders Peirce, quien en sus *Collected Papers* y en otros lugares de sus manuscritos reconoce tres tipos de inferencias: las *deductivas*, las *inductivas* y las *abductivas*.

En primer lugar, encontramos a las inferencias *deductivas*, características del modo de razonar de quienes se ocupan de las ciencias formales, es decir, de la lógica y la matemática. En este tipo de inferencia procedemos a partir de una premisa general, llamada por Peirce “regla”, y a veces también “verdad general” y “ley de la naturaleza”. Por ejemplo, la ya clásica proposición “Todos los hombres son mortales”. Al aplicar esta regla a un caso subsumido en ella “Sócrates es hombre”, obtenemos un resultado “Sócrates es mortal”. De este modo la deducción muestra –para Peirce– “que algo *debe ser*”.²³ O, también, “Todos los metales son conductores de la electricidad” (regla) se aplica a “El cobre es un metal” (caso) y se obtiene “El cobre es conductor de la electricidad” (resultado).

En segundo lugar, las inferencias *inductivas* se caracterizan por establecer relaciones entre casos y resultados. Sobre la base de estas relaciones se deriva la regla o verdad general. En el punto de partida no se encuentra ya una ley general sino uno o más hechos observacionales. Este tipo de inferencia suele ser utilizada por quienes se dedican a las ciencias naturales, en tanto buscan la formulación de leyes generales que permiten explicar y predecir los hechos de la naturaleza. Del caso “El cobre es un metal” y del resultado “El cobre es un conductor de la electricidad” se concluye que “Todos los metales son conductores de la electricidad”.

Por último, Peirce presenta la inferencia *abductiva*, también llamada *retroducción*. Se trata del tipo de inferencia más audaz, en el que la sagacidad y el ingenio juegan un papel decisivo. Es el tipo de inferencia típica de los razonamientos detectivescos, aunque también es frecuente en el ámbito de la medicina. Se trata en este caso de descifrar “pistas” o “síntomas”, esto es, de analizar un resultado, para retroceder a partir de él hasta sus causas. La relación entre el resultado y el caso se establece a través de la regla o verdad general. La verdad general es un enunciado o ley que se recuerda, se intuye o se inventa con el propósito de esclarecer un determinado hecho que funciona como signo, síntoma o indicio de otra cosa. Si retomamos nuestro ejemplo, a partir del resultado “El cobre es conductor de la electricidad”, podemos obtener la conclusión abductiva o caso que nos explica por qué el cobre es conductor de la electricidad, al presentarnos su causa: “El cobre es un metal”. La conclusión abductiva o caso se obtiene a través de la vinculación del

23. Véase Ch.S. Peirce, *Collected Papers*, Cambridge, Harvard University Press, 1933-1958.

resultado con la regla “Todos los metales son conductores de la electricidad”.

Para Peirce la construcción de la abducción describe un proceso en el cual un sujeto se enfrenta a un hecho observado que requiere explicación y que parece importante. Para explicarlo recurre a una ley o regla que conoce o que inventa. La abducción es, por lo tanto, ese paso entre un hecho y su causa. Ese paso puede ser intuitivo o perceptivo, tal vez producto del ingenio o la adivinación. Sin embargo, puede luego ser verificado para confirmar o refutar la conclusión alcanzada.

Los tipos de inferencias presentados pueden esquematizarse del siguiente modo:

<i>Deducción</i>	<i>Inducción</i>	<i>Abducción</i>
Regla	Caso	Resultado
Caso	Resultado	Regla
Resultado	Regla	Caso ²⁴

Es importante tener en cuenta que el grado de necesidad con el que se presenta la conclusión de estos razonamientos disminuye considerablemente de izquierda a derecha. Por su parte, la fertilidad²⁵ o creatividad aumenta decididamente en esa misma dirección, alcanzando su nivel máximo en la inferencia abductiva.

6. LÓGICA Y CIENCIA

El conocimiento que llamamos “científico” se constituye como tal en función de ciertas características que lo definen. Entre ellas se destacan

24. En realidad Peirce esquematiza la abducción colocando primero la regla. Por lo tanto:

Regla
Resultado
Caso

Sin embargo, como bien destaca Nancy Harrowitz (“El modelo policíaco: Charles Sanders Peirce y Edgar Allan Poe”, en U. Eco y A. Sebeok (eds.), *El signo de los tres*, Barcelona, Lumen, 1989, p. 246) el diagrama que presentamos y que tiene al resultado como punto de partida parece ser mucho más preciso.

25. Peirce llama a esa fertilidad o potencia creativa “uberty”, considerando que ésta llega al máximo en la inferencia abductiva

las de *sistematicidad y fundamentación*. Las proposiciones científicas no se presentan aisladas sino articuladas en función de relaciones lógicas diversas, que las ordenan de acuerdo con un criterio orgánico y que posibilitan también su fundamentación. Toda fundamentación racional se construye sobre la base de las estructuras de razonamiento que la lógica analiza y reconoce como universalmente válidas. Las inferencias, o mecanismos de derivación de conclusiones a partir de premisas, que se apoyan en las relaciones lógicas de implicación escapan así al capricho o mero arbitrio de los hombres. Los científicos recurren a ellas a la hora de dar razón de sus afirmaciones, en su esfuerzo por alcanzar el máximo nivel posible de objetividad. La precisión y rigurosidad en el manejo del lenguaje es una condición importante para llegar a esta meta. Y nuevamente es la lógica la que nos orienta en la construcción de lenguajes artificiales, que escapan a las ambigüedades y vaguedades de nuestras lenguas históricas.

La existencia de una relación esencial entre lógica y ciencia resulta a esta altura evidente. El cuidadoso estudio de la lógica aporta, sin duda alguna, elementos necesarios, y hasta imprescindibles, para el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, este aporte puede presentarse de modos diversos. En primer lugar, la lógica, desde su nacimiento, se constituye en un *organon* o instrumento necesario para el avance del conocimiento científico, pues se consideraba que para que hubiera ciencia era necesario que las proposiciones formen un sistema lógico. En este caso la lógica no sólo provee esquemas de razonamiento válidos sino que instruye, también, en el adecuado manejo de los símbolos.

Pero, en segundo lugar, podemos pensar que el estudio de la lógica nos acerca a los supuestos básicos de la racionalidad científica. Y es necesario tener una clara conciencia de estos supuestos para que nuestra mirada sobre la ciencia no sea una mirada ingenua. El conocimiento científico, que tradicionalmente asentó su especificidad en el ejercicio crítico, muchas veces se aproxima, paradójicamente, a su opuesto, el dogmatismo. Esto ocurre cuando un saber absolutiza los supuestos sobre los que se sustenta. La ciencia absolutiza los principios de la lógica que le son esenciales a su desarrollo, al considerarlos expresión directa de la estructura misma del mundo y de la razón. A partir de aquí las proposiciones lógicas son concebidas como proposiciones descriptivas de estos principios, y por lo tanto verdaderas. Sin embargo, podemos animarnos a pensar que las proposiciones lógicas *describen y prescriben*, en un mismo movimiento, el modo en que de hecho pensamos y el modo en el que debemos pensar para que el acuerdo básico entre los hombres quede garantizado y la comunicación sea así posible. Lo que las proposiciones lógicas describen no son, pues, principios universales

y necesarios del pensamiento y del mundo, sino la estructura formal de nuestras prácticas concretas de fundamentación de proposiciones y de derivación de conclusiones a partir de premisas. Al mismo tiempo que las describen y las sistematizan, les confieren necesidad y universalidad al otorgarles un status privilegiado. Las proposiciones de la lógica se convierten así en “reglas” o normas de todo razonamiento válido. De este modo prescriben la trama o red que articula nuestro pensamiento, determinando el espacio de lo pensable por el hombre. Aun los razonamientos inválidos o incorrectos encuentran un lugar en la sistematización de la lógica. Nada escapa a su poder omniabarcador. Pero en tanto la lógica es el límite del pensamiento lo es también de nuestro lenguaje y de nuestra experiencia del mundo. Conocemos ya la absoluta interdependencia que existe entre las categorías lingüísticas y las categorías mentales. Y son estas categorías las que mediatizan nuestras percepciones, devolviéndonos la imagen de un mundo ordenado a partir de relaciones lógicas tales como la de sustancia-accidente o también causa-efecto.

Ludwig Wittgenstein es uno de los filósofos que problematiza, hasta sus últimas consecuencias, esta cuestión de la lógica como límite absoluto de nuestro pensamiento y de nuestro mundo. También se ocupa, en su ya citado *Tractatus logico-philosophicus*,²⁶ de la relación entre las proposiciones lógicas, las leyes científicas y las proposiciones que dan cuenta de los hechos accesibles a la observación empírica.

Wittgenstein afirma que las leyes científicas funcionan como instancias intermedias que ponen en contacto las categorías abstractas y generales de la lógica con instancias directamente perceptivas. Se trata de reglas que nos indican en qué términos tenemos que pensar, y por lo tanto expresar, los hechos del mundo.

Wittgenstein compara los diferentes sistemas de leyes científicas a algún tipo de malla o red de diseño geométrico –triangular, por ejemplo–, que se aplica a una superficie con manchas irregulares blancas y negras. La irregular naturaleza bicolor podría ser descripta por mallas de diseño geométrico hexagonal o cuadrangular, entre otros. La lógica es la que establece el carácter geométrico de la malla, en tanto la ciencia elige la forma específica, siempre geométrica, de las aberturas de la malla o red. Es totalmente imposible decir algo del universo independientemente de algún sistema científico de representación, o red en nuestro ejemplo, cuya condición de posibilidad básica es lógica, o geométrica, de acuerdo con el ejemplo elegido por Wittgenstein.

26. Véanse proposiciones 6.34 y ss.

Con relación al problema del límite, que el optimismo racionalista de la ciencia moderna se esforzó por exorcizar, es oportuno recordar la siguiente observación de Wittgenstein:

En la base de toda la moderna concepción del mundo está la ilusión de que las llamadas leyes naturales sean la explicación de los fenómenos naturales. Así, los modernos confían en las leyes naturales como en algo inviolable, lo mismo que los antiguos en Dios y en el destino. Y ambos tienen razón y no la tienen; pero los antiguos eran aún más claros, en cuanto reconocían un límite preciso, mientras que el sistema moderno quiere aparentar que *todo* está explicado.²⁷

7. HACIA LA ANTROPOLOGIZACIÓN DE LA LÓGICA Y LA MATEMÁTICA

Las proposiciones lógicas y matemáticas son las únicas proposiciones científicas que en nuestro lenguaje expresan una necesidad absoluta. Esto les confiere una dignidad especial y las ubica entre los fundamentos del conocimiento. Porque a las proposiciones lógicas y matemáticas recurrimos una y otra vez, para argumentar, razonar y justificar nuestras creencias. Pero ¿cuál es a su vez el fundamento de su necesidad? No es ésta una pregunta fácil de responder, precisamente porque nos enfrenta con los límites de eso que llamamos "razón".

La tradición filosófica occidental, desde los antiguos hasta los modernos, ubicó este fundamento ya en un mundo de entes ideales (objetos y relaciones), ya en procesos subjetivos de carácter trascendental que, en tanto van más allá de lo que acontece en la mente de los individuos concretos, representan instancias básicas del pensamiento entendido en sentido universal.

Pero la crítica posmoderna socava el horizonte de certezas clásicas al mostrar sus límites. Ni los entes que se pretenden ideales, ni los procesos subjetivos que se presentan bajo el signo de la trascendentalidad escapan a determinismos históricos. En un primer momento puede parecer que, como consecuencia de esta crítica, algo se pierde de modo definitivo, empobreciendo nuestra visión del mundo y del conocimiento. Sin embargo, tan pronto como transitamos hasta sus últimas consecuencias su camino, descubrimos que no perdemos sino que sumamos,

27. L. Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus*, proposiciones 6.371 y 6.372.

en especial porque ganamos nuevas perspectivas de abordaje y análisis de nuestras producciones teóricas. De este modo la comprensión se enriquece al desprenderse de la exigencia de lo absoluto.

La necesidad de la lógica y la matemática se asienta en la inexorabilidad de sus leyes. Esta inexorabilidad no da cuenta de una legalidad preexistente. Por el contrario, es a través de nuestras prácticas de inferencia y cálculo como introducimos la necesidad en el mundo. Esto es precisamente lo que nos indica el estudio de las proposiciones de las ciencias formales, tan pronto como nos acercamos a ellas desde una perspectiva más amplia, que podemos llamar "antropológica" y que enfatiza la dimensión social de los conocimientos.

Todo texto admite una pluralidad de lecturas y usos posibles. En primer lugar, podemos leer un libro de lógica para estudiar sus leyes y los mecanismos de derivación válida de proposiciones. En segundo lugar, podemos leer ese mismo libro como epistemólogos dispuestos a analizar sus métodos, el status de sus proposiciones y las características de la verdad que suponen. En tercer lugar, podemos encontrar en sus páginas información que nos permita acercarnos a la forma de vida de los hombres que se rigen por sus leyes para inferir, deducir o derivar. O para calcular y contar si el libro en cuestión no es de lógica sino de matemática.

En cuarto lugar, podemos orientar nuestra atención hacia los recursos retóricos presentes en el texto para persuadirnos de la objetividad de la información que nos transmiten.

Los dos últimos usos señalados son precisamente los que empiezan a destacarse en las últimas décadas.

Desde una lectura antropológica, la lógica y la matemática se presentan como ejercicios, como prácticas cotidianas que se articulan de acuerdo con reglas y que, entre sus características distintivas, ubican estas reglas más allá de toda duda posible. Por este motivo estamos en general dispuestos a modificar cualquier dato de la realidad antes que dudar de un procedimiento deductivo. Pero no porque sus pasos correspondan con certeza a una verdad establecida sino porque lo que define el ejercicio de "pensar", "inferir", "argumentar" es el carácter incuestionable de sus reglas.

Al imaginar matemáticas o lógicas alternativas no entramos, pues, en contradicción alguna con la verdad, ya que ninguna verdad preexiste a la deducción lógica, sino que es esta deducción el método que utilizamos para fundamentar la verdad. Pero si entráramos en contradicción, o mejor aún conflicto, no ya con una verdad preexistente sino con un imperativo práctico, si imaginamos las reglas lógicas y matemáticas

como flexibles y cambiantes. Entraríamos en conflicto del mismo modo que si imaginamos a nuestros patrones de medida contruidos de un material elástico, en vez de madera o acero. No llamaríamos falsas a las reglas de medir así contruidas, pero sí inservibles, porque no servirían para los fines prácticos para los que fueron creadas. Del mismo modo como pertenece a la "esencia" del medir el que todos utilicemos los mismos instrumentos de medida, es propio de la inferencia y el cálculo que respondan a reglas fijas e inamovibles.

Contar e inferir no son simples pasatiempos sino actividades que tienen un papel fundamental en nuestra vida, en la construcción del consenso mínimo que hace posible la vida social. De ahí el énfasis que en nuestras sociedades se pone en el aprendizaje o entrenamiento de los hombres en sus técnicas. Porque a la retórica de sus textos, orientada hacia la presentación de sus contenidos como intemporales, absolutos e incuestionables, se suma un adiestramiento riguroso y fuertemente institucionalizado que recurre entre otras cosas a estímulos, recompensas y castigos. Parafraseando a Wittgenstein, es posible afirmar que lo único que corresponde en el mundo a la necesidad lógica y matemática es la profunda necesidad que tienen los hombres de una convención.²⁸

Convención que no debe confundirse con arbitrariedad. Porque aquello que nos determina a aceptar una regla u otra, es decir, un sistema u otro de inferencia o cálculo, es algo que nos remite en todos los casos al complejo entramado de la interacción social, es decir, a las necesidades y modalidades propias de cada forma de vida. La aceptación de un conjunto de reglas como instancia orientadora de la conducta es un hecho social y requiere, por lo tanto, un soporte institucional adecuado. Acaso si veo en París el metro patrón, pero no conozco la institución de la medida ni su conexión con él, ¿podría decir que conozco el metro patrón? No, en tanto "también la demostración es parte de una institución".²⁹

28. L. Wittgenstein, *Observaciones a los fundamentos de la matemática*, Parte I, parágrafo 64.

29. Ídem, Parte III, parágrafo 36.