

Razonamiento abductivo en lógica clásica

Cuadernos

Razonamiento abductivo en lógica clásica

Fernando Soler Toscano

El razonamiento abductivo ha recibido una gran atención en los últimos años gracias a sus aplicaciones en diversas disciplinas, desde la epistemología hasta la lingüística o la inteligencia artificial. Este libro presenta algunas de las aproximaciones a la abducción más populares dentro de la lógica clásica, tanto proposicional como de predicados.

Dado el interés de la abducción dentro de la programación lógica, el libro incluye un capítulo dedicado a las aplicaciones de la abducción en el razonamiento automático. Igualmente, se ofrece un razonador abductivo escrito en Prolog. En los apéndices se encuentra el código fuente, así como una pequeña introducción a la programación lógica.

A lo largo del libro se incluyen numerosos ejemplos de problemas abductivos resueltos con cada uno de los sistemas que se presentan.



6.14 x 9.21
234 mm x 156 mm

.268
6.807mm

6.14 x 9.21
234 mm x 156 mm

Content Type: B&W
Paper Type: White
Page Count: 126
File Type: InDesign
Request ID: CSS832063



Cuadernos de lógica,
epistemología y lenguaje

Volumen 2

Razonamiento abductivo en
lógica clásica

Volumen 1
Gottlob Frege. Una introducción
Markus Stepanians. Traducción de Juan Redmond

Volumen 2
Razonamiento abductivo en lógica clásica
Fernando Soler Toscano

Cuadernos de Lógica, epistemología y lenguaje
Series Editors

Shahid Rahman and Juan Redmond

Razonamiento abductivo en lógica clásica

Fernando Soler Toscano

© Individual author and College Publications 2012. All rights reserved.

ISBN 978-1-84890-083-7

College Publications

Scientific Director: Dov Gabbay

Managing Director: Jane Spurr

Department of Informatics,

King's College London, Strand, London WC2R 2LS, UK

<http://www.collegepublications.co.uk>

Cover produced by Laraine Welch

Printed by Lightning Source, Milton Keynes, UK

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form, or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior permission, in writing, from the publisher.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. ¿Qué es la abducción?	1
1.2. Aplicaciones del razonamiento abductivo	6
1.3. Problemas abiertos	12
2. La abducción en la lógica	15
2.1. Preliminares lógicos	15
2.2. Problema abductivo y solución abductiva	23
2.3. Análisis estructural	28
3. Abducción y tablas semánticas	33
3.1. Tablas semánticas proposicionales	33
3.2. Abducción mediante tablas semánticas	40
3.3. Ejemplos	48
4. Abducción y resolución	51
4.1. Presentación del cálculo de δ -resolución	54
4.2. El proceso abductivo	63
4.3. Ejemplos	64
5. Abducción en lógica de predicados	67
5.1. Semántica de modelos finitos	67
5.2. El cálculo de C-tablas	69
5.3. Proceso abductivo mediante C-tablas y δ -resolución	74
5.4. Ejemplos	75
6. Abducción y razonamiento automático	79
6.1. Construcción de un sistema de razonamiento abductivo	79
6.2. Resolución automática de problemas abductivos	85
A. Código completo del razonador abductivo	93

B. Breve introducción a la Programación Lógica	101
B.1. Estructura de un programa lógico	101
B.2. La resolución SLD	104
B.3. Programación en Prolog	106
B.4. Aspectos teóricos	111

Capítulo 1

Introducción

—Usted pareció sorprenderse cuando le dije, en nuestra primera entrevista, que había venido de Afganistán —comentó Sherlock Holmes a Watson.

—Alguien se lo habría dicho, sin duda alguna.

—¡De ninguna manera! Yo descubrí que usted había venido de Afganistán. Por la fuerza de un largo hábito, el curso de mis pensamientos es tan rígido en mi cerebro, que llegué a esa conclusión sin tener siquiera conciencia de las etapas intermedias. Sin embargo, pasé por esas etapas. El curso de mi razonamiento fue el siguiente: “He aquí a un caballero que responde al tipo del hombre de medicina, pero que tiene un aire marcial. Es, por consiguiente, un médico militar con toda evidencia. Acaba de llegar de países tropicales, porque su cara es de un fuerte color oscuro, color que no es el natural de su cutis, porque sus muñecas son blancas. Ha pasado por sufrimientos y enfermedad, como lo pregona su cara macilenta. Ha sufrido una herida en el brazo izquierdo. Lo mantiene rígido y de una manera forzada... ¿En qué país tropical ha podido un médico del ejército inglés pasar por duros sufrimientos y resultar herido en un brazo? Evidentemente, en Afganistán”. Toda esa trabazón de pensamientos no me llevó ni un segundo. Y entonces hice la observación de que usted había venido de Afganistán, lo cual lo dejó asombrado.

A.C. Doyle, *Estudio en Escarlata*

1.1. ¿Qué es la abducción?

Durante más de dos mil años, lo que se entendía por *lógica* era fundamentalmente la *silogística*, fundada por Aristóteles (384–322 a.C.) y continuada principalmente por la Escolástica en la Edad Media. En los *Analíticos primeros*, Aristóteles investiga las formas correctas de inferencia. Allí define el *silogismo* como un razonamiento en el que, establecidas algunas cosas, se sigue necesariamente otra distinta de ellas, por el mero hecho de estar ellas establecidas. En la figura 1.1 recogemos un ejemplo de silogismo. Resulta obvio que la verdad de la conclusión —la tercera oración, debajo de la línea— se sigue de la verdad

Los animales sin bilis tienen larga vida
 Pero el hombre, el caballo y la mula no tienen bilis

 Luego el hombre, el caballo y la mula tienen larga vida

Figura 1.1: Ejemplo de silogismo

de las dos premisas, es decir, no es posible que las premisas sean verdaderas y la conclusión sea falsa. La silogística se encarga, pues, de determinar las formas gramaticales —a las que subyace cierta forma lógica— de los razonamientos correctos, con el objeto de poder aplicarse a las diferentes ciencias.

Así como Aristóteles es el fundador de la lógica antigua, la lógica moderna —que ya llamamos *clásica*— tiene su punto de arranque en Frege (1848–1925). En la *Conceptografía* (1879), Frege vuelve a enfrentarse a la tarea de sistematizar el razonamiento¹. A diferencia de Aristóteles, Frege no estudia los razonamientos en su propia lengua, sino que crea un nuevo lenguaje, puramente formal, en el que es posible representar los razonamientos de modo abstracto. Frege es el punto de inflexión en el que la lógica se convierte en una ciencia formal. Pero también, es el fundador del *proyecto logicista*, que tenía por empeño el fundamentar toda la matemática sobre la lógica.

Si hemos comenzado esta sección acudiendo a la historia de la lógica es para subrayar cómo ésta ha tenido fundamentalmente un carácter *deductivo*, de establecer nuevas verdades a partir de verdades ya establecidas. Esto es lo que pretendió la silogística y también lo que, a partir de Frege, se consume con la introducción de los sistemas formales.

Pero hay otras formas no deductivas de razonamiento, menos afortunadas en cuanto a la atención que históricamente han recibido, entre las que se encuentra la *abducción*. De ello se dio cuenta Charles Sanders Peirce (1839–1914), iniciador del movimiento pragmatista en Norteamérica. Para Peirce[41], el pragmatismo es sobre todo un método de pensamiento orientado a aclarar nuestras ideas. Peirce considera que son pocas las ideas *infalibles*, que pueden establecerse de una vez para siempre. Salvo en el terreno de la matemática y la lógica, donde las ideas son infalibles y pueden aplicarse métodos deductivos, el resto de ideas son *falibles*, es decir, se mueven en el terreno de la *hipótesis*. Al principio, Peirce llama *hipótesis* a la forma de razonamiento que posteriormente llamó *abducción* y *retroducción*. Como observa A. Aliseda [1], a estos cambios de terminología acompañan ciertas variaciones en la concepción que Peirce tiene de la abducción. Peirce caracteriza la abducción en forma de silogismo, de la siguiente manera:

El hecho sorprendente, *C*, es observado. Pero si *A* fuera verdad, *C* sería aceptado como algo evidente. Por lo tanto, hay razón para sospechar que *A* es verdad (*CP* 5.189, 1903).

¹Entre Aristóteles y Frege ya había habido varios intentos más, siendo los de Leibniz (1646–1716) los de mayor repercusión.

Para G. Génova [23], el descubrimiento² de este modo de inferencia debe datarse alrededor de 1865, cuando Peirce encuentra que ya Aristóteles, en sus *Analíticos primeros* recoge, junto al razonamiento deductivo, otros silogismos en que el orden de las proposiciones se altera, produciendo esquemas de inferencia que aunque no son deductivamente válidos sí que se asemejan a

Los animales sin bilis tienen larga vida
 Pero el hombre, el caballo y la mula tienen larga vida

 Luego el hombre, el caballo y la mula no tienen bilis.

Figura 1.2: Ejemplo de *apagogé*

ciertos razonamientos de sentido común. Así encuentra Peirce la *apagogé*, una forma de razonamiento que Aristóteles ilustra con el ejemplo que recogemos en la figura 1.2. La conclusión de este razonamiento no es necesaria, pero sí plausible, ya que está sugerida por las premisas.

Junto a la abducción, la deducción y la inducción son para Peirce los tres modos de inferencia; sin embargo, la abducción es la única que puede generar ideas nuevas:

La abducción es el proceso de formar una hipótesis explicativa. Es la única operación lógica que introduce alguna idea nueva; pues la inducción no hace más que determinar un valor, y la deducción desarrolla meramente las consecuencias necesarias de una pura hipótesis.

La deducción prueba que algo *debe ser*, la inducción muestra que algo es *realmente* operativo; la abducción meramente sugiere que algo *puede ser*.

Su única justificación es que, a partir de su sugerencia, la deducción puede extraer una predicción que puede comprobarse por inducción; y que, si es que podemos llegar a aprender algo o a entender completamente los fenómenos, debe ser por abducción como esto se lleve a cabo (*EP 2:216, 1903*).

Junto a estas tres formas de razonamiento, que como indica Bell [6] son más bien términos imprecisos que cada autor llena de contenido de diferente forma, es frecuente considerar la *analogía* como otro modo de inferencia. Gilles Défourneaux y Nicolas Peltier [14] indican que para Peirce la analogía se puede ver como una inducción y una abducción seguidas por una deducción. Es decir, cuando tratamos de resolver un problema por analogía lo que hacemos es, en primer lugar, mediante abducción e inducción, buscar un dominio *análogo* al del problema que tratamos de resolver, pero mejor conocido para nosotros. Entonces razonamos deductivamente en este segundo dominio y trasladamos *analógicamente* las conclusiones al dominio del problema.

Antes de continuar, digamos que en ocasiones nos referiremos al razonamiento abductivo como *razonamiento explicativo*. Con ello entendemos algo

²G. Debrock [13] encuentra también precedentes en Nicolás de Cusa (1401–1464) e incluso en Friedrich Schiller (1759–1805).

diferente a Peirce, para quien el razonamiento explicativo es el que Kant llama *analítico*. En el razonamiento analítico, la conclusión explicita cierta información que se encuentra contenida en las premisas, tal como hace el argumento de la figura 1.1. Por contraposición, en el razonamiento *sintético*, la conclusión contiene información que no estaba en las premisas. A esta segunda clase solo pertenecen la inducción y la abducción.

Características	Gripe	Resfriado
Inicio	Súbito	Paulatino
Fiebre	38–41°	Rara
Mialgia	Sí	No
Cefalea	Muy intensa	Rara
Tos (productiva)	No	Sí
Dolor lumbar	Sí	No
Estornudos	Raro	Sí
Rinorrea	A veces	Sí
Odinofagia	A veces	Sí
Irritación ocular	A veces	Sí
Secreción nasal acuosa	A veces	Sí (primeros días)
Duración	3–5 días	8–10 días
Virus	<i>Ortomixovirus</i> (influenza A y B)	Primavera y verano <i>picornavirus</i> , y en otoño e invierno <i>paramixovirus</i>

Tabla 1.1: Diferencias entre los síntomas del resfriado y de la gripe

Volviendo a la abducción, veamos algunos ejemplos para ilustrar cómo se trata de una forma insegura pero interesante de razonamiento. El Colegio Oficial de Farmacéuticos de Valencia hacía pública la información que recogemos en la tabla 1.1, que permite distinguir los síntomas del resfriado y de la gripe. Cada fila de esta tabla indica, para el resfriado y para la gripe, si cierto síntoma aparece o no. La tabla ha sido compuesta a partir del trabajo de especialistas que, conociendo ambas enfermedades, dan cuenta de los síntomas de cada una de ellas. Sin embargo, su mayor utilidad se revela cuando se usa en sentido contrario³ a como se compuso, es decir, cuando se recorre de los síntomas a la enfermedad, con lo que se hace de ella un uso abductivo. En este caso, se trata de un diagnóstico, que es una de las tareas para las que actualmente se considera interesante la abducción.

Un buen diagnóstico observa los síntomas del paciente y determina la enfermedad que más probablemente tenga. Parafraseando a Peirce, diríamos: “el conjunto de síntomas *C* es observado en el paciente; pero si el paciente tuviera la enfermedad *A*, los síntomas *C* serían esperables; por tanto, hay razones para sospechar que el paciente tiene la enfermedad *A*”.

³En ocasiones se llama a la abducción “deducción hacia atrás”, o “retroducción”, término del propio Peirce.

El razonamiento abductivo es siempre inseguro, pues se basa en una conjetura, una sospecha, como el mismo Peirce indica. La conclusión abductiva —la enfermedad *A*, por ejemplo— puede invalidarse si se descubren nuevos hechos —que, por ejemplo, pueden llevarnos a concluir que el paciente no tiene la enfermedad *A*, sino otra más rara, *B*, con el mismo conjunto de síntomas *C*—. Por ello, como indica A. Aliseda [1], la abducción puede entenderse como un tipo de cambio epistémico.

La aplicación que hemos comentado a la diagnosis nos hace pensar en la importancia, para la correcta abducción, del *ojo clínico*, que el diccionario de la Real Academia Española define como la “facilidad para captar una circunstancia o preverla”. Esta capacidad la tenemos todos, cada uno en los dominios de conocimiento en que tiene mayor experiencia. Peirce considera esta capacidad como un “*flash* de entendimiento”. Es este *flash* lo que Sherlock Holmes explica al doctor Watson en la cita con la que abrimos este capítulo⁴. Se trata de una sucesión de pensamientos que le han servido a Holmes para concluir que Watson viene de Afganistán. Curiosamente, esta cita pertenece a un capítulo titulado “La ciencia de la deducción”, pero precisamente aquello en lo que Holmes es todo un maestro, como queda claro en los párrafos seleccionados, es en la abducción, pues como buen detective es capaz de analizar —en menos de un segundo, debido al ojo clínico que le da su gran experiencia— las pistas que observa —los rasgos de Watson— para concluir aquello que las explica.

Uno de los campos donde más se estudia la abducción es en Filosofía de la Ciencia, como más adelante veremos, pues se considera una de las formas —para algunos la única— en que se generan las hipótesis científicas. Así, se reconoce el valor de la abducción en la práctica científica. Pero no solo en las ciencias empíricas, sino que también se ha subrayado su importancia en la práctica matemática, por ejemplo en la enunciación de lemas que sirvan para probar teoremas complejos. Sin embargo, cuando se completan las pruebas de estos teoremas, su presentación siempre es deductiva —como debe ser, realmente— y se olvida que hubo un razonamiento de tipo abductivo para encontrar tales demostraciones. Esto contribuye a que la abducción no haya recibido la misma atención que la deducción.

Recientemente, el tratamiento formal de la abducción se ha convertido en un tema de gran interés, sobre todo por las aplicaciones que encuentra en diversas disciplinas, fundamentalmente relacionadas con la Inteligencia Artificial. Por ello existen bastantes acercamientos que tratan la abducción con los mismos formalismos que originalmente se desarrollaron con fines deductivos. ¿Tiene sentido esta tarea? Probablemente el propio Peirce se habría mostrado en contra de tratar la abducción con herramientas creadas para la deducción, pues se corre el peligro de reducir la abducción a deducción camuflada, y entonces deja de tener interés. Aún así, pensamos que merece la pena correr este riesgo si los resultados son sugerentes en algún sentido.

⁴Fragmento de A.C. Doyle, *Estudio en Escarlata*, citado por Sheila A. McIlraith [35], tomado de Umberto Eco y Thomas A. Sebeok [18].

1.2. Aplicaciones del razonamiento abductivo

Al ser la abducción un modo de inferencia habitual dentro del razonamiento de sentido común, encuentra aplicaciones en diferentes disciplinas. En primer lugar, precisamente por su vinculación al razonamiento natural, la abducción se ha convertido en objeto de estudio por parte de la Ciencia Cognitiva, disciplina que A. Gomila comprende como

un programa científico comprometido con la teoría representacional de la mente, surgido en parte como reacción al predominio del conductismo en psicología, para el que debía explicarse la conducta como función de los estímulos. En cambio, para el cognitivismo es preciso postular representaciones mentales (que según el enfoque concreto adoptan la forma de esquemas, de modelos mentales, de *scripts* o *frames*, de proposiciones, de imágenes, etc.) que median entre los estímulos y la conducta, para dar cuenta de la flexibilidad y adaptabilidad (o racionalidad e inteligencia), que la distingue⁵.

Uno de los enfoques más importantes dentro de la Ciencia Cognitiva es el que encabezan M.D.S. Braine [11] y L. Rips [45, 46], quienes sostienen que existe una *lógica mental*⁶ que hace que el razonamiento humano se guíe por reglas formales, de modo parecido a como lo hace la deducción natural. Por ejemplo, para explicar por qué los humanos solemos tener más dificultades al aplicar la regla de *modus tollens* que la de *modus ponens* en los tests de razonamiento, ellos sostienen que mientras que el *modus ponens* sería una regla —mental— primitiva, el *modus tollens* tendría que ser derivado cada vez que hiciera falta usarlo.

En contra del formalismo de la *Lógica Mental*, P.N. Johnson-Laird [26] funda la corriente conocida como *Modelos Mentales*, que postula que al razonar no usamos reglas formales independientes del contexto —como el *modus ponens*— sino que procedemos construyendo modelos de las premisas con que contamos, y extrayendo conclusiones de dichos modelos. Mediante los modelos mentales, los seguidores de esta corriente pretenden dar cuenta de la dependencia del razonamiento humano respecto del contexto en que se mueve.

Si bien las dos corrientes anteriores conceden más o menos importancia a la lógica en el razonamiento humano, existen otras propuestas que defienden que la lógica no tiene ninguna relevancia. Así, L. Cosmides [12] sostiene que si en ocasiones parecemos razonar lógicamente es porque seguimos estrategias que se han ido desarrollando durante la evolución de nuestra especie para resolver problemas concretos.

Pese a orientarse la mayor parte de los experimentos fundacionales de la Ciencia Cognitiva a evaluar —y posteriormente explicar— las capacidades deductivas del razonamiento humano, la abducción es, aunque poco estudiada,

⁵A. Gomila [21], Sección 3, “De la Semiótica a la Ciencia Cognitiva”.

⁶La *Lógica Mental*, como teoría cognitiva, se debe a M.D.S. Braine y colaboradores. L. Rips es el creador de PSYCOP, un sistema de inferencia deductiva implementado en Prolog que sigue una concepción muy similar a la de Braine. Es por ello que reunimos a ambos autores dentro de un mismo enfoque.

un objetivo primordial, al estar a la base de buena parte de las inferencias que realiza la mente humana, que usualmente no se mueve dentro de la seguridad de la deducción, sino que opera en el terreno incierto de la conjetura, la sospecha, la hipótesis. En los textos de Peirce encontramos, de hecho, múltiples elementos para realizar un análisis cognitivo de la abducción. Por ejemplo, su afirmación de que la abducción es la única operación lógica que introduce nuevas ideas, el valor de la creatividad, o la propia idea del *flash* de entendimiento, contienen múltiples sugerencias cognitivas.

J. Nubiola [38] relaciona la abducción con la creatividad, y recoge la siguiente cita, donde Peirce habla del *musement*, un juego libre del pensamiento, meditación sin más regla que la libertad.

Sube al bote del *musement*, empújalo en el lago del pensamiento y deja que la brisa del cielo empuje tu navegación. Con tus ojos abiertos, despierta a lo que está a tu alrededor o dentro de ti y entabla conversación contigo mismo; para eso es toda meditación (CP 6.461, 1908).

A. Aliseda [1] llama la atención sobre la importancia que tiene la *sorpresa* en la inferencia abductiva. La sorpresa —que para A. Aliseda puede tener la forma de *novedad* o *anomalía* [2]— es el *detonador abductivo*. El mismo Peirce, en la caracterización de la abducción, considera el carácter *sorprendente* de la observación que despierta en la mente la *duda*, y con ella el impulso a explicarla.

Otro de los rasgos de la abducción con mayor importancia cognitiva es su doble carácter *intuitivo* y *racional*. En ciertas ocasiones, Peirce habla de la abducción como un *método* para generar buenas hipótesis, pero en otras la define como un *hábito* o capacidad. Como subraya A. Aliseda [1], esta dualidad se ha convertido en ocasiones en un conflicto para los estudiosos de Peirce, tanto que ha llegado a conocerse incluso como “el dilema de Peirce”. La relevancia de esta contraposición reside en que si el componente metodológico es el más importante, entonces es posible caracterizar cognitivamente el razonamiento abductivo al modo de un *proceso*. Por el contrario, si la abducción se debe principalmente a un hábito, o algún tipo de intuición, entonces no es posible más que dar constancia de los *productos* abductivos en determinados contextos.

También en Lingüística resulta interesante el estudio de la abducción. Existen propuestas, como la de P. Krause [30], que emplean la abducción, dentro de la teoría de representación del discurso, para el estudio de las presuposiciones lingüísticas. Según esta idea, cuando escuchamos la oración “todos los amigos de Pedro se encuentran satisfechos en sus trabajos” y suponemos que todos los amigos de Pedro trabajan, lo que realizamos es una inferencia abductiva.

Más allá de la presuposición, Nubiola [38] generaliza la importancia de la abducción a toda la actividad lingüística ordinaria, lo que ilustra con la siguiente cita de Peirce:

Al mirar por mi ventana esta hermosa mañana de primavera veo una azalea en plena floración. ¡No, no! No es eso lo que veo; aunque sea la única manera en que puedo describir lo que veo. *Eso* es una proposición, una frase, un hecho; pero lo que yo percibo no es una

proposición, ni una frase, ni un hecho, sino solo una imagen, que hago inteligible en parte mediante un enunciado de hecho. Este enunciado es abstracto, mientras que lo que veo es concreto. Realizo una abducción cada vez que expreso en una frase lo que veo. La verdad es que toda la fábrica de nuestro conocimiento es una tela entretejida de puras hipótesis confirmadas y refinadas por la inducción. No puede realizarse el menor avance en el conocimiento más allá de la mirada vacía si no media una abducción en cada paso (*MS 692, 1901*).

Pero la contribución mayor de Peirce a la Lingüística se encuentra en la semiótica, de la que es fundador. Al estudiar el significado, Peirce distingue —como explica A. Gomila [21]— entre el *representamen*, que es el signo lingüístico en cuanto objeto material, el *objeto*, al que se refiere el *representamen*, y el *interpretante*, efecto mental del *representamen* en el intérprete. También aquí encuentra la abducción una importante función, al considerar Peirce que el modo en que el *representamen* determina el *interpretante* es siempre mediante una inferencia abductiva.

Donde más se ha discutido la relevancia de la abducción es en la Filosofía de la Ciencia, al cuestionar su importancia en los procesos de descubrimiento científico. Es habitual la distinción entre el *contexto de descubrimiento*, en que se elabora cierta teoría científica, y el *contexto de justificación*, en que dicha teoría se establece. Si bien resultan más o menos claros los modos en que se lleva a cabo la justificación científica —el experimento en ciencias empíricas, la demostración en ciencias formales, etc.— no ocurre lo mismo con los procesos de descubrimiento. Es en este contexto donde se sitúa la polémica sobre la importancia del razonamiento abductivo. Autores como Lipton [33] —quien sostiene que el descubrimiento científico se realiza al modo de una *inferencia de la mejor explicación*— defienden la importancia del razonamiento explicativo en la ciencia. Sin embargo, existen otras propuestas más críticas con la relevancia que pueda tener la abducción.

Seguiremos a S. Paavola [39] para comentar los argumentos clásicos que se han formulado en contra de que la abducción se pueda comprender como una lógica del descubrimiento. Una primera crítica consiste en que según el esquema de inferencia abductiva que proporciona Peirce —(*CP 5.189, 1903*), ver más arriba— el único requisito que se exige a la hipótesis *A* que debe explicar cierto hecho sorprendente *C* es que si *A* fuera verdadera entonces *C* sería algo común. Sin embargo, no se exige que la hipótesis *A* sea algo esperable, por lo que el criterio es demasiado permisivo. En esta línea, Achinstein proporciona algunos ejemplos de inferencias abductivas absurdas. Según uno de estos ejemplos, si encontramos a algún amigo que dice estar feliz por cierta noticia que ha recibido, podríamos abducir la hipótesis de que su felicidad se debe a que la noticia que ha recibido es que ha ganado el premio Nobel de literatura, porque en tal caso sería normal que estuviese muy feliz. Pero posiblemente no tengamos ninguna razón para suponer que nuestro amigo haya sido siquiera propuesto por nadie para el Nobel de literatura.

Otro grupo de críticas que recoge Paavola son las que defienden que la abducción no puede constituir una lógica del descubrimiento porque la hipótesis ya está incluida, de uno u otro modo, en las premisas, pues antes de abducir A ya debemos saber que A explicaría C , según el esquema de Peirce. Sin embargo, el descubrimiento científico introduce nuevas ideas en la ciencia, por lo que no podría ser el resultado de una inferencia abductiva. En este sentido, algunos autores relegan la abducción a un lugar intermedio entre el descubrimiento y la justificación. Dicho lugar sería el de la evaluación preliminar de las hipótesis ya descubiertas —de alguna otra forma—, antes de su justificación. Según estas tesis, el contexto de descubrimiento permanece como algo inexplicable, que cae fuera del análisis conceptual.

Para defender la abducción como lógica del descubrimiento, Paavola acude a la distinción que hace Hintikka, partiendo de la teoría de juegos, entre *reglas definidoras* y *reglas estratégicas*. Son reglas definidoras las que establecen los movimientos legales de un juego. Por el contrario las reglas estratégicas determinan cuál, de entre los movimientos legales, es el más acertado. Hintikka piensa que la lógica ha estado durante mucho tiempo centrada exclusivamente en las reglas definidoras de los cálculos, pero se ha atendido poco a las condiciones necesarias para obtener una prueba estratégicamente —según algún criterio que vaya más allá de la corrección— buena.

Siguiendo estas ideas, Paavola indica que es necesario incluir las estrategias en la caracterización del razonamiento abductivo. Así, la hipótesis explicativa no solo debe cumplir que si fuera verdadera entonces lo sería también la observación que pretende explicar. Ahora, la hipótesis debe ser además estratégicamente buena. Entonces, la hipótesis de que a nuestro amigo le han concedido el Nobel de literatura resulta bastante inapropiada, por ser estratégicamente pésima, ya que seguramente es falsa.

Respecto del segundo tipo de objeciones recogidas, Paavola recurre al mismo Peirce:

Es verdad que los diferentes elementos de la hipótesis estaban antes en nuestra mente; pero es la idea de relacionar lo que nunca antes habíamos soñado relacionar lo que ilumina de repente la nueva sugerencia ante nuestra contemplación (CP 5.181, 1903).

En efecto, lo que la hipótesis sugiere puede ser algo ya conocido. Pero ello no implica que la hipótesis deje de ser creativa, pues probablemente nunca se había pensado en ella como explicativa del fenómeno para el que ahora se emplea. A propósito de esto, Paavola recuerda que muchas de las ideas de Darwin no eran novedosas en su tiempo si se las considera por separado —ni siquiera la misma idea de evolución—. Pero la originalidad de Darwin consistió en relacionar todas esas ideas y aplicarlas para explicar unos fenómenos que ninguna de tales ideas, en solitario, habría podido explicar.

Sin ninguna duda, el campo donde más aplicaciones encuentra hoy día el razonamiento abductivo es la Inteligencia Artificial. En 1965, tras diez años de investigación en Demostración Automática, Robinson [47] aporta una idea que resultó sumamente fructífera: la combinación de resolución y unificación.

Con ello, se reducía considerablemente el número de términos del universo de Herbrand que hacía falta en las pruebas, pues gracias a la idea de Robinson solo se genera un nuevo término cuando resulta necesario para buscar contradicciones. Partiendo de estas ideas, en los años 70 aparece Prolog, de la mano de Colmerauer y Kowalski, al sistematizar trabajos anteriores como los de Boyer y Moore, que habían desarrollado algoritmos de unificación según las ideas de Robinson.

Con Prolog aparece la Programación Lógica, lo que supone un fuerte impulso para muchas de las áreas de la Inteligencia Artificial. También el razonamiento abductivo recibe un amplio tratamiento dentro de la Programación Lógica. En 1993, A.C. Kakas, R.A. Kowalski y F. Toni publican su trabajo *Abductive Logic Programming*, donde dan cuenta de numerosas aplicaciones que la abducción había encontrado ya en el marco de la Programación Lógica. En 1998, bajo el título *The Role of Abduction in Logic Programming* [27], revisan el trabajo de 1993. Las aplicaciones del razonamiento abductivo en Inteligencia Artificial de que dan cuenta en este trabajo son:

Diagnosis. Como ya hemos comentado, la abducción está a la base de los procesos de diagnosis. Por ello, cuando se trata de automatizar este tipo de procesos, también es frecuente que se emplee el razonamiento abductivo, especialmente en el campo conocido como *diagnosis basada en modelos*. En este caso, se cuenta con una teoría que describe el comportamiento *normal* del sistema que va a diagnosticarse, y la abducción consiste en crear hipótesis de tipo “el componente *A* del sistema funciona de forma anómala”, que deben explicar por qué todo el sistema funciona de modo anormal.

Visión de alto nivel. La visión artificial es usada en numerosas aplicaciones, tales como los sistemas de vigilancia. En este caso, las observaciones que se explican abductivamente son las imágenes parciales de los objetos que puede proporcionar una cámara. Las hipótesis explicativas son los objetos que producen tales imágenes.

Comprensión del lenguaje natural. También se emplea la abducción en los sistemas de *Procesamiento del Lenguaje Natural*, en este caso para interpretar oraciones ambiguas. Las hipótesis abductivas, ahora, son las posibles interpretaciones, determinándose por el contexto cuál es la más plausible.

Planificación. La planificación es una de las áreas de la Inteligencia Artificial con más aplicaciones industriales. En este caso, la observación que debe explicarse es el *estado objetivo* que debe alcanzarse, y la explicación es el *plan* que para ello es necesario llevar a cabo. La mejor explicación corresponderá al mejor —más corto, más económico, etc.— plan.

Asimilación de conocimientos. Muchas de las aplicaciones de la Inteligencia Artificial están relacionadas con la representación y asimilación de conocimientos. En este caso, puede emplearse la abducción para aumentar las bases de conocimientos no tanto por acumulación sino más bien

por asimilación de los nuevos datos. Así, al llegar un nuevo dato, se incorporan a la base de conocimientos las hipótesis capaces de explicar dicho dato.

Razonamiento por defecto. El razonamiento por defecto, que permite la aplicación de ciertas reglas generales en ausencia de contradicciones, se emplea frecuentemente para modelar sistemas en que no es posible razonar según los parámetros de la lógica clásica. Como indica P. Flach [20], el razonamiento por defecto puede ser comprendido abductivamente.

En cuanto a las técnicas empleadas para implementar la abducción, debemos tener en cuenta que los programas lógicos son ejecutados mediante pruebas por resolución, de modo que la demostración de que el hecho A es una consecuencia del programa lógico P se hace mediante una prueba por resolución SLD⁷ de que la negación de A es contradictoria con P . Sin embargo, si A no es consecuencia lógica de P , la prueba por resolución SLD llega a un estado que puede representarse como un árbol tal que ninguna de sus ramas alcanza el objetivo. Cada una de tales ramas termina en lo que se conoce como un *final muerto* —*dead end*, en inglés—, que contiene los hechos que sería necesario probar para que A quedase establecido. Pues bien, precisamente a partir de tales finales muertos se construyen las hipótesis abductivas, pues asumiendo su contenido se dispone de una explicación de A . Este es el proceder que siguen, por ejemplo, P. Flach [20] y D. Poole, A. Mackworth, y R. Goebel [42] en los programas abductivos que proponen. También está basada en este mismo sistema la propuesta de M. Denecker y D. De Schreye [15] de implementar lo que llaman resolución SLDNFA, un procedimiento abductivo que aprovecha la información contenida en los finales muertos de las pruebas fallidas en los programas lógicos.

El desarrollo de las numerosas aplicaciones que como hemos visto encuentra la Programación Lógica Abductiva, ha llevado también a la proliferación de numerosas técnicas para optimizar la búsqueda de explicaciones, de por sí bastante compleja. Una que nos parece interesante destacar aquí es el empleo de predicados *abducibles*. Dada una cierta teoría, se califica de *abducibles* solo a ciertos predicados, de forma que son tales predicados los únicos que podrán aparecer en las explicaciones. Obsérvese que de esta forma se sale al paso del primero de los dos tipos de críticas a la abducción que recoge Paavola, y que antes comentamos: la crítica de que la explicación podría ser cualquier cosa, lo que llevaba a Achinstein a formular ejemplos de hipótesis absurdas. Ahora, por ejemplo, solo calificaríamos de abducibles, para explicar la felicidad de nuestro amigo, aquellos predicados que de alguna forma se relacionen con su entorno. Por tanto, el uso de predicados abducibles lleva a la abducción a depender del contexto en que se realiza.

Otros elementos interesantes desarrollados en el marco de la Programación Lógica Abductiva son los criterios preferenciales que habitualmente se establecen para considerar mejores unas explicaciones que otras. Criterios basados en la longitud de una explicación —cantidad de hechos que supone—; en la

⁷En el apéndice B presentamos una introducción a Prolog, donde explicamos más detalladamente la resolución SLD.

preferencia por explicaciones últimas, no explicables a su vez dentro de la teoría, etc.

1.3. Problemas abiertos

Terminamos este capítulo recogiendo los principales problemas que aparecen al tratar de desarrollar una lógica abductiva. J. Hintikka [24], para quien la caracterización del razonamiento abductivo es el problema fundamental de la epistemología contemporánea, proporciona, siguiendo a T. Kapitan [28], cuatro tesis, a modo de acercamiento a los principales rasgos de la abducción:

Tesis inferencial. La abducción es, o incluye, un *proceso* inferencial.

Tesis de objetivo. El propósito de la abducción científica es doble: en primer lugar generar nuevas hipótesis y posteriormente seleccionar las mejores para su análisis.

Tesis de comprensión. La abducción científica incluye todas las operaciones por las que se engendran las teorías.

Tesis de autonomía. La abducción es un tipo de razonamiento irreductible tanto a la deducción como a la inducción.

Al hilo de estas cuatro tesis vamos a preguntarnos si, fiel a los anteriores rasgos, es posible una *lógica abductiva*. M. Hoffmann [25], quien también se hace esta pregunta, considera que para hablar de una lógica de la abducción debemos considerar una noción de lógica más abierta que la imperante, de tipo deductivo o analítico, dedicada únicamente a “definir la validez de llegar a una verdad desde otra verdad”.

En cuanto a la primera de las tesis de Kapitan, la inferencial, nos indica que debemos pensar en la abducción como un *proceso*. J. van Benthem [7] considera que debido a la influencia de las Ciencias de la Computación en la Lógica, en las últimas décadas se ha producido lo que él llama un *giro dinámico*. Si tradicionalmente la lógica se ha ocupado de tareas *declarativas*, ya sea la representación del conocimiento o la definición de las relaciones de consecuencia, ahora la atención se ha vuelto sobre los *procesos* de inferencia. Entonces, “la representación de la información no puede separarse de los procesos que usan y transforman dicha información”. J. van Benthem contrapone los *procesos* a sus correspondientes *productos*, constatando que el giro dinámico que ha experimentado la lógica se centra, en primer lugar, en los primeros.

También la *tesis inferencial* resalta el carácter de proceso del razonamiento abductivo. No solo resultan interesantes las hipótesis que se generan, o las propiedades que verifican, sino que, en primer lugar, interesan los procesos que engendran tales hipótesis. En este sentido, Hintikka observa que el propio Peirce se refiere a la abducción como un método de generar buenas conjeturas. La idea de *método* alude a este carácter de proceso. Por tanto, la primera de las tesis nos impone que para que exista una lógica abductiva, debe seguir un método abductivo. Es decir, si quisiéramos calificar de abductivo cierto

sistema formal, no solo tendrían que ser buenas hipótesis los productos de sus inferencias, sino que el propio proceder de las inferencias debería ser, en algún sentido, abductivo. Esta exigencia deja fuera ciertos acercamientos formales a la abducción en que los productos son aceptables, pero cuyos procesos difícilmente son reconocibles como abductivos.

La segunda tesis nos habla de un doble propósito de la abducción: la *generación* de hipótesis y la *selección* de las mejores. Esta distinción se relaciona con la que Hintikka hace, como hemos comentado, entre reglas definidoras y reglas estratégicas. Aunque la generación de las hipótesis pudiera realizarse exclusivamente mediante reglas definidoras, para la selección de las mejores necesitamos reglas estratégicas. Entran en juego los criterios preferenciales para elegir una hipótesis como mejor que las demás, aunque todas puedan explicar igualmente los hechos. Por tanto, el proceso abductivo debe incluir tanto la generación de hipótesis explicativas como la selección de las mejores, o preferibles, según algún criterio.

La tercera tesis, de comprensión, defiende la abducción como una lógica para la generación de nuevas teorías científicas. Como más arriba hemos comentado, en esta idea no coinciden todos los autores. En cualquier caso, esto nos dice que una lógica abductiva debe reunir suficientes herramientas como para engendrar teorías. En este sentido, consideramos fundamental que también fuera posible profundizar en los procesos mentales que acompañan a las inferencias abductivas humanas.

Por último, la tesis de autonomía nos previene contra la reducción —frecuente en ciertos formalismos— de la abducción a deducción o inducción. Los procesos abductivos deben ser irreductibles a la deducción o a la inducción. En esta línea, Hoffmann [25] considera que una lógica abductiva debe ser una “lógica contextualizada”, ya que —según este autor— la articulación concreta de los diversos contextos en una situación determina de manera específica el campo de las hipótesis posibles. Esta contextualización distingue la abducción de cualquier otra forma de razonamiento.

En ocasiones Peirce se refiere a la abducción como “retroducción”. Este término ha sugerido a ciertos autores la definición de la abducción como deducción hacia atrás, en el sentido de que se parte de una “conclusión” y debe encontrarse la “premisa” que falta. En ocasiones se ha querido ver una dualidad entre la deducción y la abducción, considerándolas dos formas diferentes y complementarias de recorrer —hacia adelante y hacia atrás— los mismos argumentos. La sugerencia de esta dualidad nos parece de un interés suficiente como para considerar su elucidación otro de los objetivos a los que debiera enfrentarse una lógica abductiva.

Bibliografía

- [1] Aliseda, Atocha: *La abducción como cambio epistémico: C.S. Peirce y las teorías epistémicas en Inteligencia Artificial*. *Analogía Filosófica*, XII(1):125–144, 1998.
- [2] Aliseda, Atocha: *Abductive Reasoning: Logical Investigations into Discovery and Explanation*, volumen 330 de *Synthese Library*. Springer, 2006.
- [3] Baaz, Matthias, Christian G. Fermüller y Richard Zach: *Dual systems of sequents and tableaux for many-valued logics*. *Bulletin of the EATCS*, 49:192–197, 1993.
- [4] Beckert, Bernhard y Rajeev Goré: *Free Variable Tableaux for Propositional Modal Logics*. *Interner Bericht 41/96*, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, 1996.
- [5] Beckert, Bernhard y Joachim Posegga: *lean^{TA}P: Lean Tableau-Based Deduction*. *Journal of Automated Reasoning*, 15(3):339–358, 1995.
- [6] Bell, John: *Inductive, abductive and pragmatic reasoning*. En *IJCAI'97 Workshop on Abduction and Induction in AI*, páginas 7–12, 1997.
- [7] Benthem, Johan van: *Logic and the Dynamics of Information*. *Minds and Machines*, 13:503–519, 2003.
- [8] Beth, Evert W.: *Semantic Entailment and Formal Derivability*. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Proceedings of the Section of Sciences*, 18:309–342, 1955.
- [9] Blackburn, Patrick, Johan Bos y Kristina Striegnitz: *Learn Prolog Now!*, volumen 7 de *Texts in Computing*. College Publications, 2006.
- [10] Boolos, George: *Trees and finite satisfiability*. *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 25:110–115, 1984.
- [11] Braine, M.D.S.: *On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic*. *Psychological Review*, 85:1–21, 1978.

- [12] Cosmides, Leda: *The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task*. *Cognition*, 31:187–276, 1989.
- [13] Debrock, Guy: *El ingenioso enigma de la abducción*. *Analogía Filosófica*, XII(1):21–41, 1998.
- [14] Défourneaux, Gilles y Nicolas Peltier: *Analogy and Abduction in Automated Deduction*. En *IJCAI'97 Workshop on Abduction and Induction in AI*, páginas 216–225, 1997.
- [15] Denecker, Marc y Danny De Schreye: *SLDNFA: An Abductive Procedure for Abductive Logic Programs*. *Journal of Logic Programming*, 34(2):111–167, 1998.
- [16] Deransart, Pierre, AbdelAli Ed-Dbali y Laurent Cervoni: *Prolog: The Standard. Reference Manual*. Springer, 1996.
- [17] Díaz-Estévez, Emilio: *Arboles semánticos y modelos mínimos*. En *Actas del I Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*. Universidad Complutense de Madrid, 1993.
- [18] Eco, Umberto y Thomas A. Sebeok: *The Sign of Three: Dupin, Holmes, Peirce*. Indiana University Press, Bloomington, IN, 1983.
- [19] Eder, Elmar: *Consolution and its relation with resolution*. En Kaufmann, Morgan (editor): *Proceedings of the 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-91)*, páginas 132–136, 1991.
- [20] Flach, Peter: *Simply Logical. Intelligent Reasoning by Example*. John Wiley, 1994.
- [21] Gomila, Antoni: *Peirce y la Ciencia Cognitiva*. *Anuario Filosófico*, XXIX(3):1345–1369, 1996.
- [22] Grimaldi, Ralph: *Matemáticas discreta y combinatoria*. Addison Wesley Longman, 1997.
- [23] Génova, Gonzalo: *Los tres modos de inferencia*. *Anuario Filosófico*, XXIX(3):1249–1265, 1996.
- [24] Hintikka, J.: *What is abduction? The fundamental problem of contemporary epistemology*. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 34(3):503–533, 1998.
- [25] Hoffmann, Michael: *¿Hay una lógica de la abducción?* *Analogía Filosófica*, XII(1):41–57, 1998.
- [26] Johnson-Laird, P.N.: *Mental models*. Cambridge University Press, 1983.
- [27] Kakas, Antonis, Robert Kowalski y Francesca Toni: *The role of abduction in logic programming*. En *Handbook of logic in Artificial Intelligence and Logic Programming*, páginas 235–324. Oxford University Press, 1998.

- [28] Kapitan, T.: *Peirce and the Structure of Abductive Inference*. En Houser, Nathan, Don Roberts y James van Evra (editores): *Studies in the Logic of Charles Sanders Peirce*, páginas 477–496. Indiana University Press, 1997.
- [29] Kleene, Stephen Cole: *Introducción a la metamatemática*. Tecnos, 1974.
- [30] Krause, Peter: *Presupposition Justification by Abduction and Quantified Presuppositions*. En Katz, Graham, Sabine Reinhard y Philip Reuter (editores): *Sinn & Bedeutung VI, Proceedings of the Sixth Annual Meeting of the Gesellschaft für Semantik*. University of Osnabrück, 2002.
- [31] Le Charlier, Baudouin, Christophe Leclère, Sabina Rossi y Agostino Cortesi: *Automated Verification of Prolog Programs*. The Journal of Logic Programming, 1993.
- [32] Ligeza, Antoni: *A note on Backward Dual Resolution and its application to proving completeness of rule-based systems*. En Kaufmann, Morgan (editor): *Proceedings of the 13th IJCAI*, páginas 132–137, 1993.
- [33] Lipton, Peter: *Inference to the Best Explanation*. Routledge, New York, 1991.
- [34] Mayer, Marta Cialdea y Fiora Pirri: *First order abduction via tableau and sequent calculi*. Bulletin of the IGPL, 1:99–117, 1993.
- [35] McIlraith, Sheila A.: *Logic-Based Abductive Inference*. Informe técnico, Knowledge Systems Laboratory, Julio 1998.
- [36] Nepomuceno-Fernández, Ángel: *Scientific Explanation and Modified Semantic Tableaux*. En Magnani, L., N.J. Nersessian y C. Pizzi (editores): *Logical and Computational Aspects of Model-Based Reasoning*, Applied Logic Series, páginas 181–198. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [37] Nilsson, Ulf y Jan Maluszynski: *Logic, Programming and Prolog*. John Wiley, 1995.
- [38] Nubiola, Jaime: *Walker Percy y Charles S. Peirce: Abducción y lenguaje*. Analogía Filosófica, XII(I):87–97, 1998.
- [39] Paavola, Sami: *Abduction as a logic and methodology of discovery: the importance of strategies*. Foundations of Science, 9(3):267–283, 2004.
- [40] Palau, Gladys Dora: *Introducción filosófica a las lógicas no clásicas*. Gedisa, 2002.
- [41] Peirce, Charles S.: *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Volúmenes 1–6 editados por C. Hartshorne, P. Weiss. Cambridge, Harvard University Press, 1931–1935; volúmenes 7–8 editados por A.W. Burks. Cambridge, Harvard University Press, 1958.
- [42] Poole, David, Alan Mackworth y Randy Goebel: *Computational Intelligence: A Logical Approach*. Oxford University Press, 1998.

- [43] Quine, W. V.: *A way to simplify truth functions*. The American mathematical monthly, 62:627–631, 1955.
- [44] Reyes-Cabello, Liliana, Atocha Aliseda y Ángel Nepomuceno-Fernández: *Abductive reasoning in first order logic*. Logic Journal of the IGPL, 14(2), 2006.
- [45] Rips, L.J.: *Cognitive processes in propositional reasoning*. Psychological Review, 90:38–71, 1983.
- [46] Rips, L.J.: *The Psychology of Proof*. MIT Press, 1994.
- [47] Robinson, John Alan: *A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle*. Journal of the ACM, 12:23–41, 1965.
- [48] Smullyan, Raymond M.: *First-Order Logic*. Dover Publications, 1968.
- [49] Soler-Toscano, Fernando y Angel Nepomuceno-Fernández: *tarfa: tableaux and resolution for finite abduction*. En *Logics in Artificial Intelligence. 10th European Conference, JELIA 2006, Liverpool, UK, September 13-15, 2006, Proceedings*, volumen 4160 de *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2006.
- [50] Soler-Toscano, Fernando, Ángel Nepomuceno-Fernández y Atocha Aliseda: *Model-Based Abduction via Dual Resolution*. Logic Journal of the IGPL, 14(2), 2006.
- [51] Soler-Toscano, Fernando, Ángel Nepomuceno-Fernández y Atocha Aliseda: *Abduction via C-tableaux and δ -resolution*. Journal of Applied Non-Classical Logics, 19(2):211–225, 2009.